

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ І ЗВ'ЯЗКУ

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ВИРОБНИЦТВ

Методичні вказівки
до виконання курсової роботи
для підготовки бакалаврів

Спеціальність:

151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Укладач: доц. Андрій СТОПАКЕВИЧ

Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри

Автоматики та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Протокол від "29" серпня 2022 року № 1

В.о. завідувача кафедри _____ Олена ВОРОБІЙОВА
(підпис)

ЗМІСТ

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ.....	5
2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ’ЄКТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗА ВАРІАНТОМ	7
3 ПРИКЛАД ПОБУДОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ З ДОДАТКОВОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ	8
4 ПРИКЛАД ПОБУДОВИ БАЗОВОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	11
5 ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ ПОВНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА СХЕМИ З’ЄДНАНЬ.....	14
КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ	18
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	20

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Текст записки виконується на аркушах формату А4 з 1,5 інтервалом. Мінімальний обсяг КР – 30 сторінок. Курсова робота має бути роздрукована та здана у печатному вигляді.

Для заданого технологічного агрегату необхідно:

1) Знайти літературу по автоматизації та технології виробництва промислового технологічного процесу (ПТП) за варіантом (див. р.2). Перевага має надаватись літературі, у якій наведені не загальні рисунки та блок-схеми, а конкретні показники. В літературі можуть біти різні схеми для виробництва продукції одного типу, обумовлені сировиною, ступенем енергоефективності тощо. Краще обрати дещо застарілу, але докладно описану технологічну схему, з опису якої можна виділити значення всіх необхідні технологічних параметрів та чітко зрозуміти задачу автоматизації.

2) Побудувати технологічну схему процесу (приклад побудови в р. 3).

3) Сформулювати мету виробництва з точки зору технолога. Виділити змінні ТП, які характеризують: якість кінцевої продукції; продуктивність виробництва; економічну ефективність (витрата сировини, електроенергії, газу, теплових потоків); виконання екологічних вимог (в першу чергу законодавчо встановлених); стан безпеки виробництва. Навести перелік змінних за кожною категорією.

4) Сформулювати мету виробництва з точки зору спеціаліста з автоматизації. Для цього: виділити керовані змінні; керуючі впливи; контрольовані збурення; змінні для відображення й реєстрації; змінні для системи аварійного захисту. Навести перелік змінних за кожною категорією.

5) Сформулювати технологічний регламент в вигляді таблиці. Таблиця містить такі стовпці: назва параметру, номінальне значення, припустимі короткострокові відхилення з зазначенням максимального часу відхилення (м'які межі), припустимі довгострокові відхилення (жорсткі межі)

6) Проаналізувати які причини можуть викликати порушення стану технологічного процесу: внутрішні та зовнішні. Виділити зі виявленого переліку такі, які можна нейтралізувати за допомогою систем автоматичного керування.

7) Провести параметричний аналіз з метою виділення контурів керування. Розглядати тільки застосування систем автоматичного керування на базі регуляторів ПІД-типу. Але це не обов'язково одноконтурні схеми, можливо застосування схем регулювання відношень, каскадні схеми, схеми з компенсацією вимірюваних збурень, схем з застосуванням предиктора Сміта

тощо. Результати аналізу представити у вигляді базової схеми автоматизації (приклад побудови в р. 4).

8) Сформулювати програмно-технічну архітектуру системи автоматизації. Під цим розуміється відповідь на наступні запитання: 1) яким чином реалізується з'єднання керуючого пристрою з засобами автоматизації (аналогове, мережа ModBus, інші промислові дротові та бездротові мережі); 2) який керуючий пристрій передбачається для застосування (ПЛК, промПК, ПКА); 3) яким чином реалізується SCADA і які функції вона має виконувати (ЛМІ, зберігання даних, аварійна сигналізація, пуск і зупинка, взаємодія з MES/MOM).

9) Обрати необхідні засоби автоматизації (включаючи перетворювачі за необхідністю), але не апарати та допоміжне обладнання (насоси чи компресори, наприклад). Результати сформулювати в вигляді опису ключових засобів автоматизації, їх зовнішнього вигляду, принципу дії, характеристик.

10) Побудувати повну схему автоматизації з застосуванням «підвалу» та замовною специфікацією, яка містить прилади, обрані в п.9. Приклад побудови в р.5.

11) Побудувати схему з'єднань засобів автоматизації з керуючим пристроєм та системою електроживлення. Приклад побудови в р.5.

12) Сформулювати орієнтовне технічне завдання на функціональні можливості програмного забезпечення, яке має бути реалізовано в керуючому пристрої, SCADA, промислових панелях тощо.

2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБ'ЄКТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗА ВАРІАНТОМ

Варіант завдання для студента обирається після обговорення з викладачем. Орієнтовний перелік варіантів завдань наступний:

1	Абсорбційно-десорбційна установка
2	Барабанний паровий котел
3	Брагоректифікаційна установка
4	Вакуум випарна установка (цукрові заводи та ін.)
5	Газотурбінна установка
6	Газофракційна установка
7	Ділянка випалу (цемент, фарфор та ін.)
8	Ділянка нанесення ізоляції на LAN-кабелі
9	Ділянка помелу клінкера для процесу виробництва цементу
10	Ділянка сушіння деревини
11	Когенераційна енергетична установка
12	Котел-утилізатор
13	Пляшкомийна машина
14	Прямоточний паровий котел
15	Рафінація сонячникової олії
16	Технологічний процес синтезу аміаку
17	Установка для дозування компонентів для виробництва бетону
18	Установка для первинного розділення нафти (фракціонатор)
19	Установка для синтезу метанолу

3 ПРИКЛАД ПОБУДОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ З ДОДАТКОВОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ

Технологічна схема для отримання бензолу має наступний вигляд

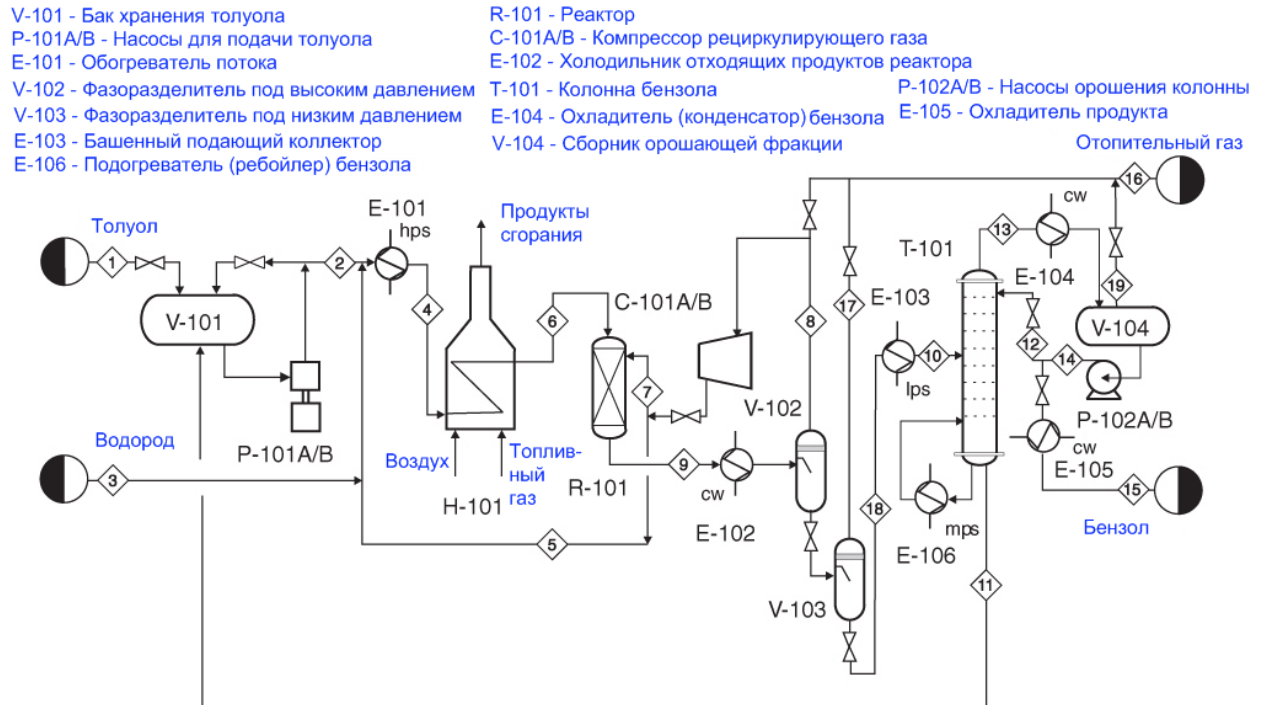


Рисунок 1 – Технологічна схема ТП отримання бензолу (ДСТУ EN ISO 10628)

Кожен технологічний апарат позначається за допомогою спеціального символу (табл. 1) та ідентифікатора в спеціальному форматі. Для прикладу розглянемо апарат P-101A/B.

P-101A/B – апарат є насосом

P-101A/B – насос розміщено в цеху заводу № 100.

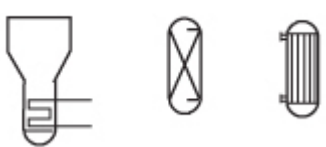
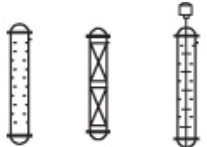
P-101A/B – насос розміщено на ділянці 01 цеху 100.

P-101A/B – встановлено резервний насос. Встановлено два однакових насоса P-101A і P-101B. Один функціонує, другий – ні.

У випадку, якщо апарат встановлюється замість старого без зміни структури технологічного процесу, прийнято доповнювати номер його

літерою англійського алфавіту, і в випадку заміни типу установки, замінити першу букву ідентифікатора. Наприклад, у випадку заміни насосів P-101A/B на компресори, їх ідентифікатор може бути замінено на C-101AA/AB.

Таблиця 1 – Позначення технологічних агрегатів

Перша літера	Назва англійською	Назва українською	Прийняті позначення
E	Heat Exchanger	Теплообмінник	
H	Fired Heater	Піч	
C	Compressor	Компресор або турбіна	
P	Pump	Насос	
R	Reactor	Реактор	
T	Tower	Колонна	
TK	Storage Tank	Накопичувальний бак	
V	Vessel	Проточний бак	

Кожний технологічний потік позначається унікальним номером, який розміщується в символі . Разом зі схемою має бути таблиця, яка деталізує параметри потоків. Приклад такої таблиці наведений в табл. 2.

Таблиця 2 – Приклад регламенту технологічних потоків

№ потоку	Температура, °C	Тиск, бар	Витрата, т/год
1	25	1.90	10.0
2	59	25.8	13.3
3	25	25.5	0.82
4	225	25.2	20.5
5	41	25.5	6.41
6	600	25.0	20.5
7	41	25.5	0.36
8	38	23.9	9.2
9	654	24.0	20.9
10	90	2.6	11.6
11	147	2.8	3.27
12	112	3.3	14.0
13	112	2.5	22.7
14	112	3.3	22.7
15	38	2.3	8.21
16	38	2.5	2.61
17	38	2.8	0.07
18	38	2.9	11.5
19	112	2.5	0.01

Крім позначень основних потоків на схемі також необхідно застосовувати спеціальні позначення для допоміжних, які наведені в табл. 3

Таблиця 3 – Позначення допоміжних потоків

lps	Потік під низьким тиском: 3–5 бар	rw	Охолоджена вода – біля 5°C
mps	Потік під середнім тиском: 10–15 бар	rb	Охолоджений лід до -45°C
hps	Потік під високим тиском: 40–50 бар	bfw	Потік води для живлення бойлера
htm	Потік органічного походження: до 400°C	ng	Природний газ
cw	Вода для охолодження (Cooling Water) – до 30°C	fg	Паливний газ
wr	Річна вода - біля 25°C	fo	Рідке паливо, мазут

4 ПРИКЛАД ПОБУДОВИ БАЗОВОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Поточні значення керованих змінних отримуються з датчиків і передаються в керуючий пристрій (як правило контролер чи комп'ютер). В цьому пристрої реалізуються алгоритми регулювання, що розраховують нові значення КВ (керуючих впливів).

Для більшості ПТП можливо використовувати алгоритми регулювання, що використовують ПД-закон. В такому випадку досягнення бажаного значення однієї КЗ (керованих змінних) досягається зміною одного КВ. Зв'язок між однією КЗ і одним КВ називають контуром керування. Базова схема автоматизації використовується для зображення саме них.

Найпростіший контур керування показано на рисунку 2. В цьому контурі КЗ – концентрація певного компонента в суміші, що виходить з ребойлера (кип'ятильника), КВ – витрата пари в ребойлер.

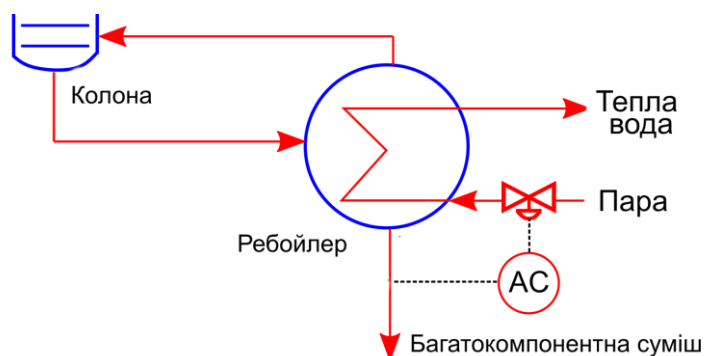


Рисунок 2 – Приклад зображення на БСА ПТП контуру керування

Алгоритм регулювання в контурі технічно змінює кількість витрати пари шляхом зміни ступеню відкриття положення регулюючого клапану. Така зміна проводиться алгоритмом в випадку якщо значення концентрації заданого компонента відхилюється від бажаного (заданого).

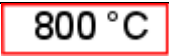
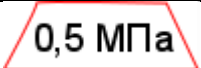
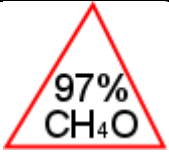
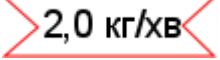
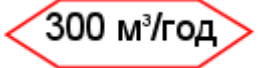
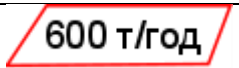
Позначення регуляторів на БСА проводиться за допомогою незафарбованого кола, в середині якого записуються дві літери, друга з яких обов'язково літера «С». КЗ та КВ контура показуються за допомогою пунктирної лінії, що веде до кола.

Перша літера в тексті кола описує тип параметра КЗ з фізичної точки зору. Перелік можливих перших літер наступний: «Т» – температура, «Р» – тиск, «F» – витрата, «L» – рівень, «S» – швидкість, «E» – електричний параметр (напруга, потужність, сила тока, тощо), «M» – вологість, «A» – параметр, визначений за допомогою інтелектуального датчика за заданим алгоритмом (наприклад, концентрація компонента в суміші чи газі, значення pH, тощо). Букви «X», «Y», «Z» зарезервовані для параметрів інших типів.

Зверніть увагу, що позначення деяких змінних відрізняється від стандарту ДСТУ Б А.2.4-16:2008.

Стандартні позначення параметрів технологічних потоків ПТП приведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Стандартні позначення параметрів технологічних потоків ПТП

Тип позначення	Приклад застосування
Температура	 800 °C
Тиск	 0,5 МПа
Значення параметра з інтелектуального датчика	 97% CH ₄ O
Витрата рідини	 2,0 кг/хв
Витрата газу	 300 м³/год
Витрата маси	 600 т/год
Вхідний чи вихідний технологічний потік (незафарбована частина вказує на напрям потоку)	

Розглянемо БСА ПТП, що зображена на рисунку 3. Мета процесу – розділити суміш метанолу з водою, що поступає до колони, на метанол та воду.

Технологічний процес має три технологічних агрегата (колона для розділення, охолоджувач та ребойлер), три вхідних потоки (суміш, пара та холодна вода), чотири вихідних потоки (два потоки теплої води, потік чистого метанолу, вода з домішками).

Автоматичне регулювання проводиться по двом КЗ: концентрації метанолу в верхньому і нижньому продукті колони Т-101. Нормальний хід процесу залежить від роботи охолоджувача Е-101 та ребойлера Е-102. КВ процесу є витрата пари та витрата частини охолодженого метанолу, що повертається до колони Т-101 (т.з. флегми).

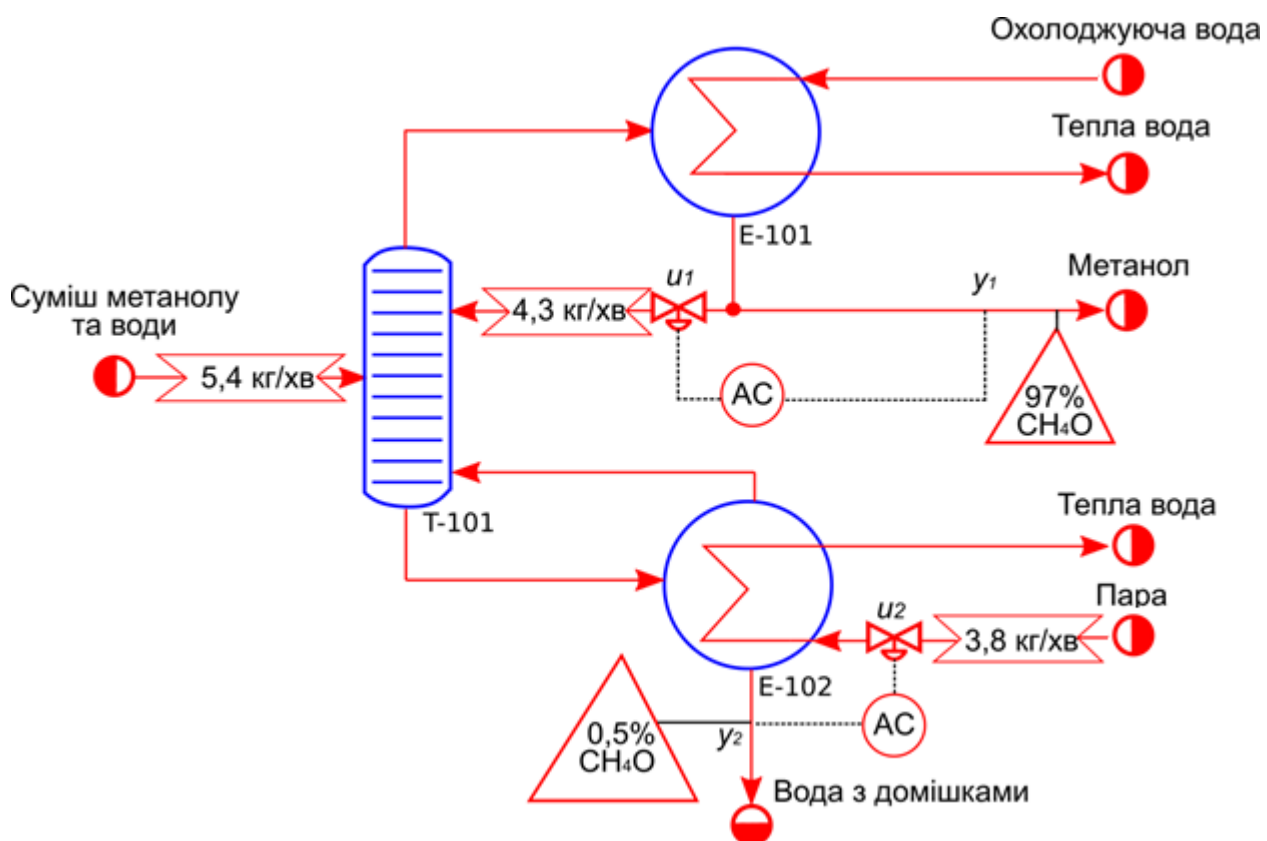
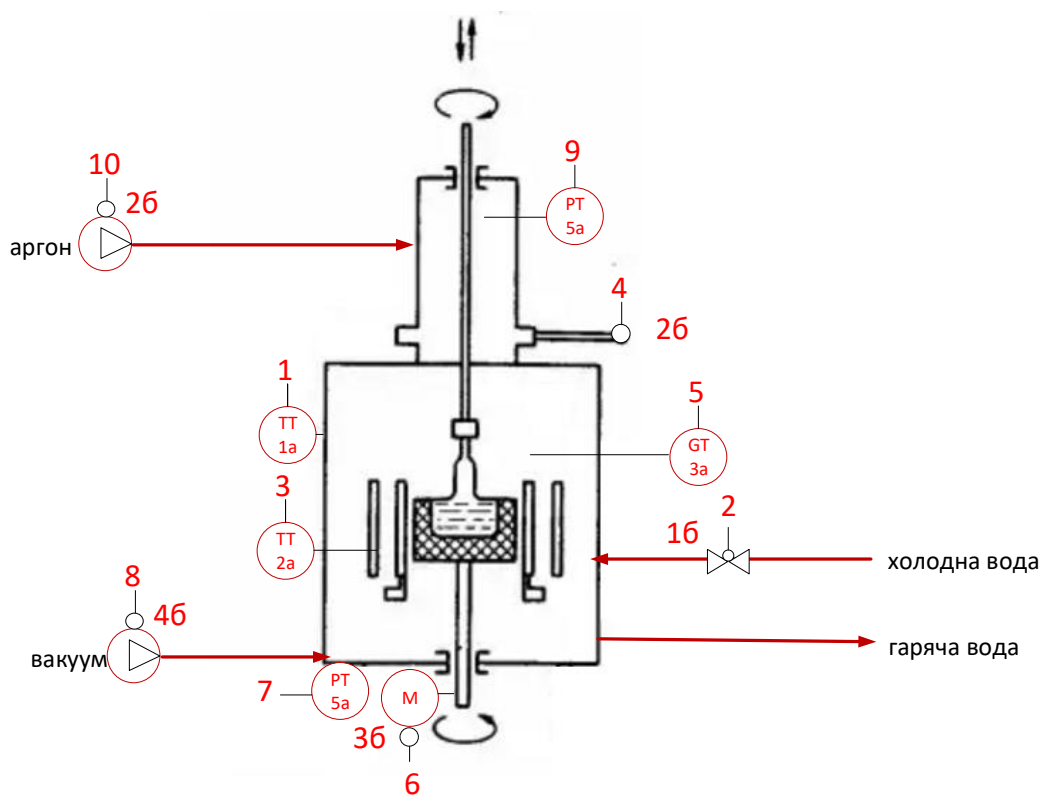


Рисунок 3 – БСА ПТП розділення суміші метанолу та води

5 ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ ПОВНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА СХЕМИ З'ЄДНАНЬ

Схема автоматизації графічно ділиться на дві зони. У верхній частині креслення зображується технологічна схема, а в нижній її частині, під технологічною схемою, з деяким розривом викреслюються прямокутники, що умовно зображують: установку місцевих приладів, щити, пульти, пункти контролю і керування, що управляють машинами, машини централізованого контролю і т.п. Схема автоматизації технологічного процесу, яка виконана за ДСТУ Б.А.2.4-3:2009 наведена на рисунку 4.



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		20 °C	20 мЗ/год	2000 °C	150 мВт	200 мм	20 об/хв	0.133 кПа	1500 об/хв	500 кПа	3000 об/хв
Промисловий комп'ютер 11a	За місцем										
	RS-485	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	I	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	R	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	C	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	A	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	H		•		•		•		•		•

Рисунок 4 – Схема автоматизації установки вирощування монокристалів

Складена замовна специфікація за схемою автоматизації наведена в табл. 5.

Таблиця 5 – Замовна специфікація на засоби автоматизації

Позиція	Найменування та технічні характеристики	Тип, марка	Од. вимір.	Кількість
1а	Датчик температури діапазон вимірювання -50..150 оС, клас допуску А, номінальна статична характеристику 100М, вихід для під'єднання до промислової мережі RS-485.	ТЭРА ТСП-RST-100М-А	шт	1
2а	Датчик температури тип візир – оптичний; точність вимірювання пірометра – не більше 0,5%; відтворюваність результатів вимірювання – 0,25%; швидкість вимірювання температури – не більше 20мс; діапазон вимірювання від 1000 до 2500 оС, інтерфейс RS-485	Термоскоп-004	шт	1
3а	Телевізійний датчик вимірювання діаметру кристалу допустима похибка - 0.025 мм. діапазон вимірювань 0-300 мм Інтерфейс RS-485	Kayex SIMS	шт	1
4а	Датчик абсолютного тиску (вакууметр широкого діапазону) , подвійний інверсно-магнетронний датчик із холодним катодом Діапазон вимірювань 760-10-9 Торр (мм.рт.ст) Інтерфейс RS-485	СС-10	шт	1
5а	Датчик абсолютного тиску. Похибка - 0.1%. Діапазон вимірювання - 0-600 кПа. 3 інтерфейсом RS485	Метран-100-ДА-1050-02-МП5-ТВ1-0.10-160кПа-25	шт	1

Продовження таблиці 5

	Комплект електроприводу однофазного 550Вт, макс. струм 3А, з ручним дублером, з регулюючим органом типу РУСТ 95, Л-лінійні, код приєднання до органу 20, зусилля 7000Н, швидкість руху валу 7мм/с, переміщення - 60мм, блок управління 5, тип V, 53- з інтерфейсом RS 485, 1-інформаційний модуль є, а – вид підключення кабелю, кліматичне виконання УХЛ1 від -60 до +50 °С в комплекті з клапаном	РэмТЭЖ 0.2.Л.20.7000.7.6 0.5.V.53.1.аУХЛ1		
16	з $K_v=20$ м ³ /год та $D_y=65$ мм з перехідними патрубками з 100мм		шт	1
26, 36	Тиристорний регулятор напруги Тип навантаження - активний Два методу управління силовими тиристорами: - фазоімпульсний; - Чисельноімпульсний. Регулювання вихідної напруги: Ручне (за допомогою зовнішнього змінного резистора).	ТРН-3	шт	2
46, 56	Перетворювач частоти потужністю 0,75-220 кВт 3х380В. Діапазон регулювання вихідної частоти 0.1 ... 120 Гц.	Delta VFD-F	шт	2
6а	Промисловий комп'ютер двоядерний процесор Atom D525 1.8GHz, вбудована відеокарта 256Мб на базі чіпсета GMA3150, оперативна пам'ять DDR3 ємністю 2Gb і інтегровані інтерфейси RS232 / 485, LAN, USB, LPT.	IFC-62RF	шт	1

Схеми зовнішніх електричних і трубних проводок (схеми з'єднань) розробляються для виконання робіт з монтажу електричних і трубних проводок, що прокладаються поза щитами й пультами.

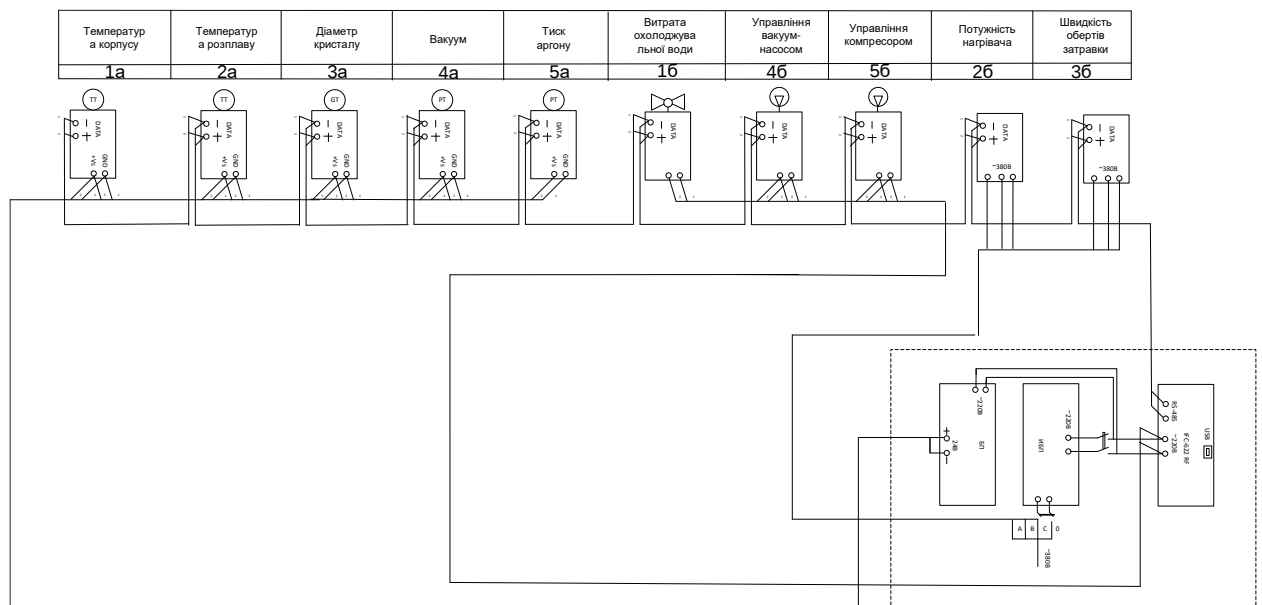
На схемі в загальному випадку приводять первинні прилади й виконавчі механізми, установлені безпосередньо на технологічному встаткуванні і комунікації:

- зовнішньо щитові прилади і групові установки приладів;
- щити, пульти, шафи, комплекси технічних засобів;
- зовнішні електричні і трубні проводки між всіма технічними автоматизаціями способами;
- захисне заземлення систем автоматизації;

Технічні засоби, для яких на схемі зовнішніх проводок приводять підключення електропроводок, зображують спрощено зовнішніми обрисами або у вигляді прямокутників із вказівкою заводських контактів.

Спосіб установки приладів і засобів автоматизації, а також прокладки електричних і трубних визначають відповідно до технологічних вимог на автоматизацію, а також залежно від конструктивних особливостей технологічного встаткування трубопроводів, будинків і споруджень.

На рисунку 6 представлено приклад схеми з'єднань.



КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Оцінка курсової роботи здійснюється за 100-бальною шкалою, яка складається з двох частин: 1) виконання курсової роботи (до 70 балів) і 2) захисту (до 30 балів).

Оцінка «відмінно» (91-100 балів) ставиться, якщо студент: 1) показав глибокі теоретичні знання з автоматизації технологічних процесів і виробництв; 2) оволодів первинними навиками інженерно-дослідницької роботи в галузі автоматизації: збирати дані, аналізувати, творчо осмислювати, формулювати висновки; 3) робота не містить фактичних помилок й студент в ній надає свої оригінальні пропозиції і рекомендації; 4) виконав роботу грамотно літературною українською мовою; 5) оформив роботу у відповідності до вимог і подав її до захисту у визначений кафедрою термін; 6) на захисті продемонстрував глибокі знання теми дослідження, тверде і впевнено відповів на запитання членів комісії.

Оцінка «добре» (76-90 балів) ставиться, якщо студент: 1) показав досить високі теоретичні знання з автоматизації технологічних процесів і виробництв; 2) оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, але не завжди критично ставиться до використаних джерел та літератури; 3) дає свої пропозиції і рекомендації з предмету дослідження, однак відчуває труднощі щодо їх обґрунтування; 4) виконав роботу грамотно літературною українською мовою, але допустив нечисленні граматичні та стилістичні помилки; 5) оформив роботу у відповідності до вимог і подав її до захисту у визначений кафедрою термін; 6) на захисті продемонстрував добрі знання з теми дослідження, відповів на запитання членів комісії.

Оцінка «задовільно» (61-75 балів) ставиться, якщо студент: 1) показав достатні теоретичні знання з цієї дисципліни (дисциплін), з якої виконується лана робота; 2) в основному оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, однак

допускає в роботі порушення принципів логічного і послідовного викладу матеріалу, мають місце окремі фактичні помилки і неточності; 3) не може сформулювати пропозиції і рекомендації з теми дослідження, або обґрунтувати їх; 4) допускає помилки в оформленні роботи та її науково довідкового апарату; 5) допускає численні граматичні та стилістичні помилки: 6) на захисті продемонстрував задовільні знання з теми дослідження, але не зумів впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії;

Оцінка « незадовільно» (менше 61 балу) ставиться в тому разі, якщо на захисті студент проявив повне незнання досліджуваної проблеми, не зумів задовільно відповісти на поставлені питання, що свідчить про несамотійне виконання курсової роботи

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ельперін І. В. Автоматизація виробничих процесів. Київ : Ліра – К, 2021.
2. Ладанюк А.П., Заєць Н.А., Власенко Л.О. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування). Київ : Ліра – К, 2020.
3. Васильковский І., Фединець В., Юсик Я. Виконавчі пристрої систем автоматизації. Львів : Львівська політехніка, 2020.
4. Черевко О. І., Кіптєла А. В., Михайлов В. М. Автоматизація виробничих процесів. Харків : Харк. Держ. ун-т харчування та торгівлі, 2014.
5. Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування. Київ : Аграрна освіта, 2010. 557 с.
6. Стейнер. К. Тотальна автоматизація. Як комп'ютерні алгоритми змінюють світ = Steiner C. How Algorithms Took Over Our Markets, Our Jobs, and the World. Київ : Наш формат, 2018.
7. Seborg D., Edgar T., Mellichamp D., Doyle F. Process dynamics and control (4th edition). John Wiley & Sons, 2016.
8. Stephanopoulos G. Chemical process control (3rd edition). USA, New Jersey : Prestige Hall, 2015.
9. Bequette P. Process Control. Modeling, Design and Simulation. New Jersey : Prestige Hall, 2003.
10. Luyben W. Process Modeling, Simulation & Control for Chemical Engineers (2nd edition). Singapore : McDraw-Hill, 1996.