

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

ПРОМИСЛОВІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка

Обговорено і рекомендовано
на засіданні кафедри електричної
інженерії та інформаційно-
вимірвальних технологій

Протокол №12 від 30.11.2023року

Промислові системи автоматизації. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка/ Укл. Безручко В.М. – Чернігів, 2023. – 72 с.

Укладачі: Безручко Вячеслав Михайлович,
доцент кафедри електричної інженерії та інформаційно-
вимірювальних технологій,
кандидат технічних наук

Відповідальний Пристапа Анатолій Леонідович,
за випуск: завідувач кафедри електричної інженерії та інформаційно-
вимірювальних технологій,
кандидат технічних наук, доцент

Рецензент: Ревко Анатолій Сергійович,
доцент кафедри електроніки, автоматики,
робототехніки та мехатроніки,
кандидат технічних наук, доцент

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ	5
Лабораторна робота №1 Експериментальне визначення статичних і динамічних характеристик об'єкта регулювання	6
Лабораторна робота №2 Система регулювання температури з позиційним регулятором.....	17
Лабораторна робота №3 Система регулювання температури з П-регулятором ..	30
Лабораторна робота №4 Система регулювання з ПД-регулятором	39
Лабораторна робота №5 Налаштування панелі оператора ИПЗ20 для взаємодії з ПД-регулятором ТРМ210.....	47
Лабораторна робота №6 Програмування PLC у середовищі CoDeSys на мові релейних схем «Ladder Diagram». Робота з дискретними входами та виходами	52
Лабораторна робота №7 Програмування PLC у середовищі CoDeSys на мові функціональних схем «Continuous Flow Chart». Робота з дискретними входами та виходами.....	57
Лабораторна робота №8 Програмування PLC у середовищі CoDeSys на мові «Structured Text». Налаштування роботи PLC з модулями вводу-виводу	65
Перелік посилань	72

ВСТУП

Ці методичні вказівки складено для проведення циклу лабораторних робіт з дисципліни "Електричні машини" для студентів спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Лабораторні роботи проводяться в лабораторії "Автоматики та автоматизації" кафедри електричної інженерії та інформаційно вимірювальних технологій. Вони дають змогу студентам, що вивчають дану дисципліну, провести натурні експерименти та досліді з метою практичного підтвердження окремих теоретичних положень даної навчальної дисципліни, набути практичних навичок роботи з лабораторним устаткуванням, обладнанням, вимірювальною апаратурою та методиками експериментальних досліджень.

Під час занять студенти отримують навички проведення вимірювань, навчаються аналізувати та оцінювати результати дослідів, вчать налаштовувати промислове обладнання та програмувати алгоритми, що вкрай необхідно для підготовки майбутнього спеціаліста.

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Перед початком занять в лабораторії викладач повинен провести вступну бесіду зі студентами, пояснити їм значення роботи в лабораторії, познайомити з апаратурою, що застосовується у ній, та дати ряд методичних вказівок до виконання лабораторних робіт. На цьому ж занятті викладач повинен ознайомити студентів зі специфічними умовам роботи в даній лабораторії, правилами внутрішнього розпорядку, організацією робочого часу, приділивши особливу увагу питанням техніки безпеки при роботі з електричними колами, машинами та апаратами. На закінчення необхідно ознайомити студентів із планом проведення лабораторних робіт на поточний семестр і рекомендувати їм необхідну літературу.

Для одержання найбільшого ефекту від лабораторних занять кожен лабораторну роботу доцільно проводити бригадою в складі двох-трьох студентів. Кожен студент повинний виконати протягом семестру всі лабораторні роботи зі свого плану, складеного на поточний семестр кафедрою.

Студенти, відповідно наявному в них плану виконання лабораторних занять, зобов'язані завчасно, готуватися до майбутнього заняття в лабораторії. Підготовка полягає у вивченні відповідних розділів теоретичного курсу по лекційних записках і навчальній літературі, у вивченні опису роботи та схеми експериментальної установки по даним методичним вказівкам, а також у акуратній підготовці таблиць спостережень, у які під час зайняття студент повинен записувати всі дані, отримані при проведенні досліду.

Перед виконанням лабораторної роботи викладач перевіряє знання кожного студента з матеріалу роботи для з'ясування ступеня підготовленості студентів до проведення робіт і роз'яснення окремих незрозумілих для них нюансів. Студенти, що з'явилися на заняття не підготовленими, до виконання робіт не допускаються та під час зайняття вивчають положення методичних вказівок та відповідних розділів лекційного курсу.

Уся експериментальна частина робіт виконується студентами в повній відповідності з інструкціями, безпосередньо під керівництвом викладача з дотриманням правил по техніці безпеки. При виконанні лабораторних робіт студентами інших напрямків підготовки викладач може скоротити обсяг лабораторної роботи, крім окремих її пунктів.

При складанні звіту студенти повинні застосовувати у формулах і схемах умовні технічні позначення, рекомендовані державними стандартами та оформлювати звіт у відповідності до ДСТУ 3008-95.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТА РЕГУЛЮВАННЯ

1.1 Мета роботи

Ознайомитися з методикою експериментального визначення характеристик об'єктів регулювання (ОР). Ознайомитися з типовими статичними та динамічними властивостями елементів системи автоматичного регулювання (САР). Побудувати математичну модель досліджуваного ОР.

1.2 Теоретичні відомості

Під математичною моделлю деякого елемента мається на увазі математична залежність, що приблизно описує зв'язок між вхідними і вихідними сигналами цього елемента. Існують різні способи визначення цих залежностей. Один з них заснований на аналізі статичних характеристик і перехідних функцій елемента.

Статична характеристика елемента встановлює зв'язок між сталими значеннями вхідного і вихідного сигналу елемента. Звичайно її представляють графіком чи у вигляді аналітичної залежності. Переважна більшість реальних елементів мають нелінійні статичні характеристики, тобто такі, котрі не можна представити на графіку у вигляді прямої лінії. Прикладом нелінійної статичної характеристики служить статична характеристика досліджуваного об'єкта, зображена на рисунку 1.1,а. Вхідним сигналом тут є напруга живлення U , а вихідним – температура θ .

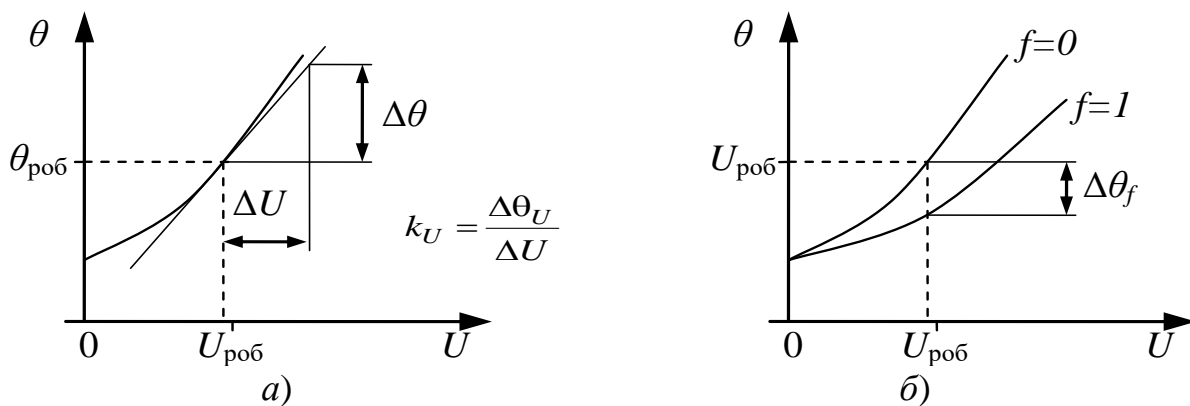


Рисунок 1.1 – Обробка статичних характеристик об'єкта регулювання:

- а) визначення коефіцієнта підсилення по керуючому впливі;
- б) визначення коефіцієнта підсилення по збурюючому впливі.

Подібні характеристики, що не мають зламів і розривів, називаються несуттєво нелінійними. Якщо діапазон зміни вхідної і вихідної величин невеликий, то в цьому діапазоні статичну характеристику можна приблизно вважати лінійною. Заміна нелінійних характеристик лінійними, називається лінеаризацією. Тому що отримана лінійна залежність буде справедлива тільки для обмеженої ділянки статичної характеристики, то лінеаризоване рівняння (1.1) записують у відхиленнях від обраної робочої точки.

$$\Delta\theta = K_U \cdot \Delta U, \quad (1.1)$$

де $\Delta U = U - U_{\text{роб}}$, $\Delta \theta = \theta - \theta_{\text{роб}}$.

Отримане рівняння (1.1) є математичною моделлю статичних властивостей елемента в околиці робочої точки. Значення коефіцієнта підсилення k_U у цьому рівнянні дорівнює тангенсу кута нахилу дотичної до статичної характеристики в робочій точці і може бути визначене, як відношення відповідних збільшень вихідного і вхідного сигналів (див. рисунок 1.1, а) по формулі (1.2)

$$k_U = \frac{\Delta \theta_U}{\Delta U}. \quad (1.2)$$

Для елементів, що мають кілька вхідних сигналів, статичні властивості можуть бути представлені сімейством статичних характеристик. Так, наприклад, для досліджуваного об'єкта сімейство статичних характеристик буде складатися з двох кривих, що відповідають дії збурюючого впливу, ($f = 1$) і його відсутності ($f = 0$). При цьому коефіцієнт підсилення по збурюючому впливу у обраній робочій точці можна визначити по формулі (1.3), як відношення відхилення температури до приросту збурюючого впливу яке викликає це відхилення:

$$K_f = \frac{\Delta \theta_f}{0-1} = -\Delta \theta_f. \quad (1.3)$$

Перехідною функцією називається реакція елемента на одиничну східчасту функцію при нульових початкових умовах. перехідна функція дає уяву про динамічні властивості елемента; часто по її вигляду можна записати диференціальне рівняння, що описує елемент. Для зняття перехідної функції на вхід елемента, що знаходиться в сталому режимі, потрібно подати стрибкоподібне збурювання і записати закон зміни вихідної величини (рисунок 1.2).

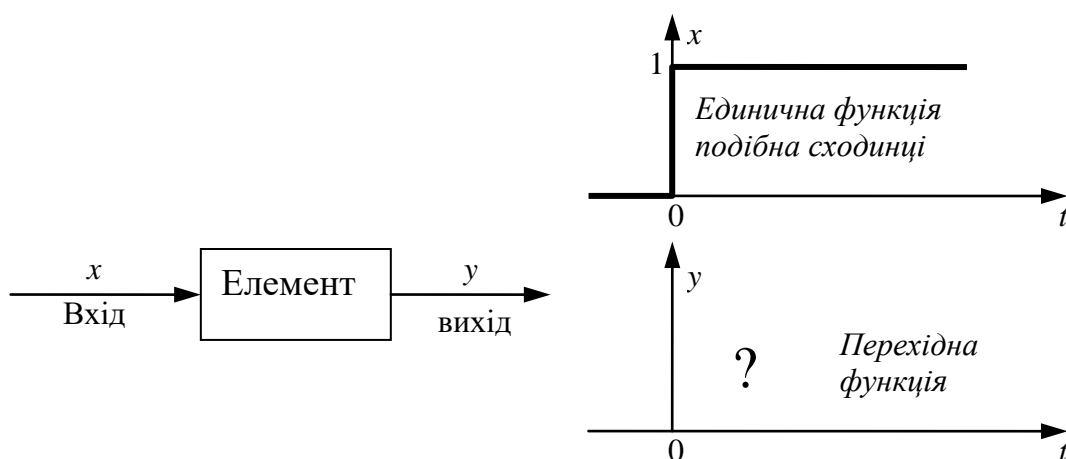


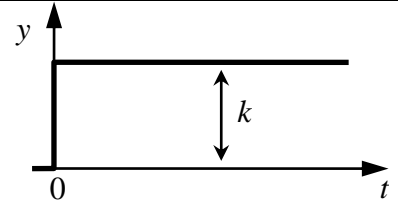
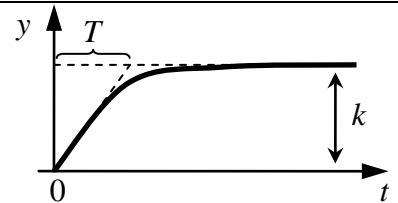
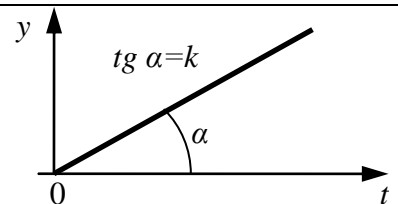
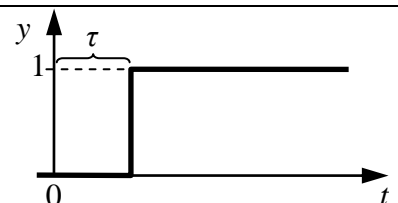
Рисунок 1.2 – Схема визначення перехідної функції елемента

Прикладами стрибкоподібних збурювань можуть служити миттєве зняття чи прикладення навантаження, ввімкнення чи вимкнення живильної напруги і т.д.,

тобто вхідний сигнал повинний бути стрибком змінений на деяку величину і потім залишатися постійним.

По своєму вигляду перехідні функції можуть бути найрізноманітнішими. Однак для наближеного опису динамічних властивостей елементів можна обмежитися порівняно невеликим набором типових динамічних моделей. Характеристики деяких з них приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика деяких типових динамічних моделей

Назва моделі	Передаточна функція	Передаточна функція	Диференційне рівняння
1. Безінерційна ланка		k	$y = k \cdot x$
2. Інерційна ланка		$k/(T \cdot p + 1)$	$T \cdot dy/dt + y = k \cdot x$
3. Інтегральна ланка		k/p	$dy/dt = k \cdot x$
4. Ланка затримки		$e^{-p\tau}$	$y(t) = x \cdot (t - \tau)$

Для теплових об'єктів перехідна функція, як правило, має вигляд, представлений на рисунку 1.3,а.

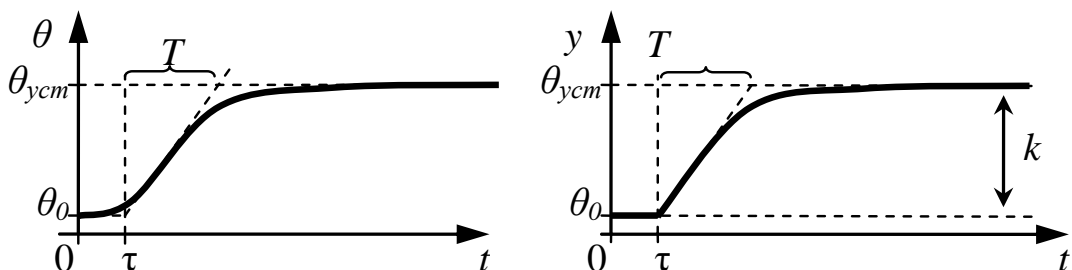


Рисунок 1.3 – Обробка перехідної функції теплового об'єкта:
а) реальна крива; б) ідеалізована крива.

Характер цієї кривої свідчить про досить складну динаміку нагрівання об'єкта. Для спрощення математичного опису криву трохи спрощують. Через точку

перегину залежності проводять дотичну. При цьому перехідна функція розбивається на дві ділянки. На першій ділянці від 0 до моменту часу τ зміна температури незначна і нею можна знехтувати (див. рисунок 1.3,б). На другій ділянці починається розігрів об'єкта, причому швидкість зміни температури зменшується в міру наближення до сталого режиму. Представивши в такий спосіб перехідну функцію, динамічні властивості об'єкта можна описати, використовуючи послідовно дві моделі: ланка запізнювання та інерційну ланку. Час запізнення визначається величиною τ , а постійна часу T дорівнює довжині проекції відрізка дотичної на вісь часу (див. рисунок 1.3,а). Величина коефіцієнта підсилення моделі залежить від вибору робочої точки і має бути визначена по статичній характеристиці об'єкта.

Математичні моделі САР прийнято зображувати у вигляді структурних схем, на яких окремі елементи системи зображуються у вигляді прямокутників з'єднаних стрілкою, що відображають зв'язки між елементами. Усередині прямокутників записують передаточні функції елементів. Передаточною функцією називається відношення зображення вихідного сигналу до зображення вхідного сигналу.

Перехідну функцію отримують виходячи з рішення результатів диференціального рівняння операторним методом при нульових початкових умовах. Наприклад, рівняння інерційної ланки (1.4)

$$T \cdot y'(t) + y(t) = k \cdot x(t), \quad (1.4)$$

де $y(t)$ – вихідний сигнал;
 $x(t)$ – вхідний сигнал;
 t – час;
 k – коефіцієнт підсилення;
 T – постійна часу.

За допомогою перетворення Лапласа функції $y(t)$, її похідних та правої частини диференційного рівняння задане диференційне рівняння (1.4) перетворюється у алгебраїчне (1.5)

$$T \cdot p \cdot Y(p) + Y(p) = k \cdot X(p), \quad (1.5)$$

де p – оператор диференціювання, що заміняє d/dt ;
 $Y(p)$ – зображення вихідного сигналу;
 $X(p)$ – зображення вхідного сигналу.
 Перетворивши рівняння (1.5) у (1.6)

$$(T \cdot p + 1) \cdot Y(p) = k \cdot X(p), \quad (1.6)$$

можна одержати вираз для передаточної функції інерційної ланки:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{k}{T \cdot p + 1}. \quad (1.7)$$

При побудові математичної моделі об'єкта регулювання *варто мати на увазі*, що реальний об'єкт має два входи і його параметри по цих входах різні. Для того,

щоб відобразити ці особливості, рекомендується зображувати структурну схему об'єкта так, як представлено на рисунку 1.4, де k_u , k_f – коефіцієнти підсилення по керуючому і збурюючому впливі, T_u , τ_u – постійна часу і запізнювання по керуючому впливі; T_f , τ_f – постійна часу і запізнювання по збурюючому впливі.

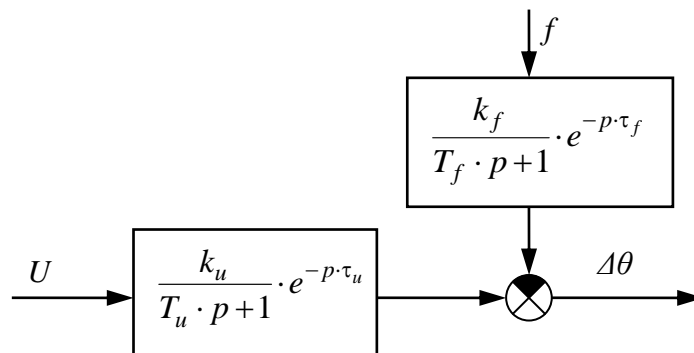


Рисунок 1.4 – Структурна схема досліджуваного об'єкта регулювання

1.3 Рекомендації до якісної підготовки до лабораторної роботи

1. Ознайомитися зі схемою лабораторної установки і теоретичними відомостями про ідентифікацію об'єкта регулювання. При цьому рекомендується використовувати ці методичні вказівки та конспект лекцій.

При підготовці особливу увагу звернути:

- на послідовність дій при проведенні дослідів;
- на дії, що можуть викликати аварійний режим роботи лабораторного устаткування;

3. Знати та розуміти:

- які експерименти слід провести для ідентифікації об'єкта регулювання;
- як проводиться експеримент для отримання динамічної характеристики;
- як проводиться експеримент для отримання статичної характеристики;
- який вигляд повинні мати характеристики, що зніматимуться.

4. Підготувати на чернетці таблиці для результатів дослідів.

При підготовці слід пам'ятати, що знання студента з теорії та послідовності дій при проведенні дослідів обов'язково перевіряються викладачем перед виконанням роботи.

1.4 Стенд 1

1.4.1 Опис лабораторної установки

Фото лабораторної установки наведено на рисунку 1.5.

У лабораторній роботі визначаються характеристики електронагрівального пристрою (паяльника), що використовується в стенді як об'єкт регулювання температури. На практиці еквівалентом такого пристрою є великі печі опору.

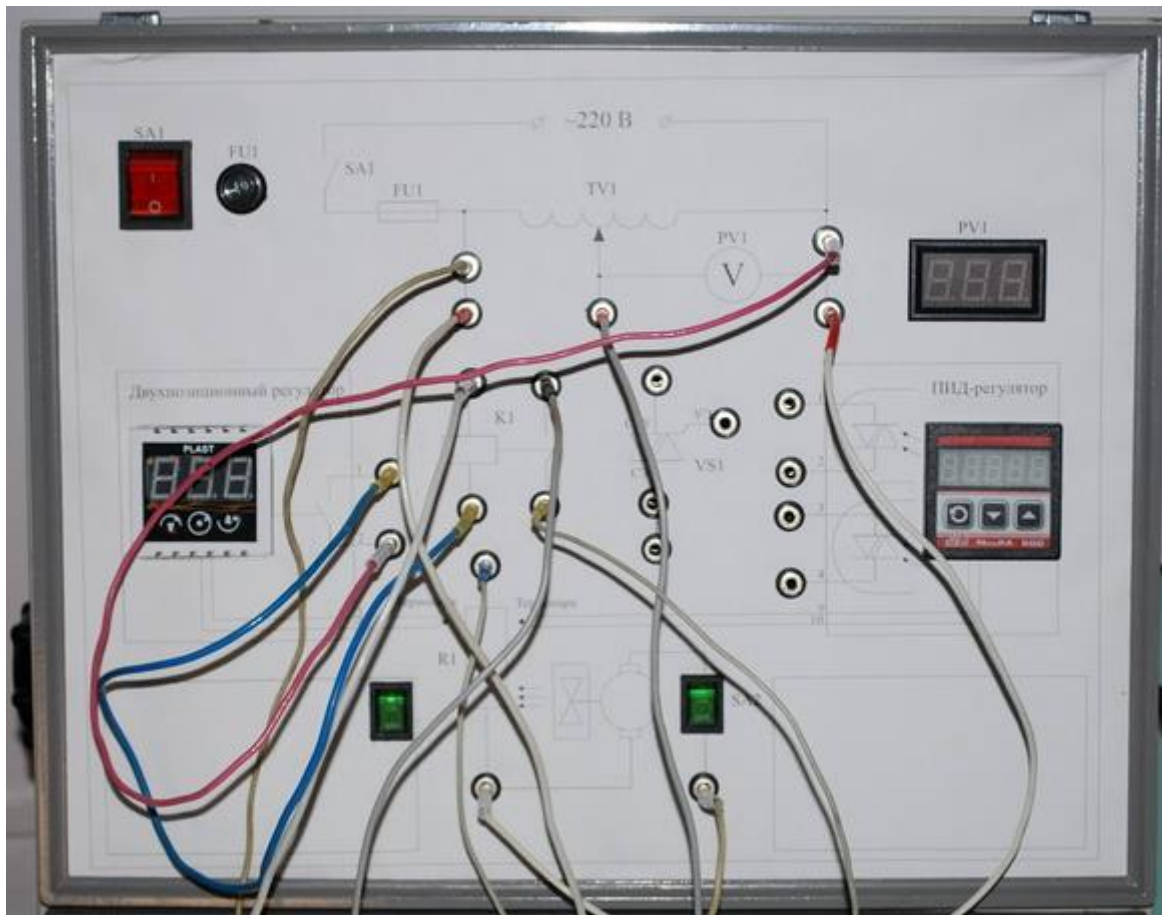


Рисунок 1.5 – Фото стенда №1 для визначення характеристик об'єкта регулювання

Напруга живлення, що надходить з лабораторного автотрансформатора TV1 (ЛАТР-а) є керуючим впливом, а збурюючий вплив створюється вентилятором. Вихідним сигналом досліджуваного об'єкта регулювання (регульованою величиною) є його температура. Для виміру температури використовується терморезистор, що генерує термо-е.р.с. пропорційну температурі. Е.р.с. вимірюється пристроєм МикРА 600.

1.4.2 Порядок виконання роботи

1. Підготувати лабораторний стенд до роботи, виконавши наступні операції:

а) зібрати схему рисунку 1.6, підключивши нагрівальний елемент R1 до виходу ЛАТР-а;

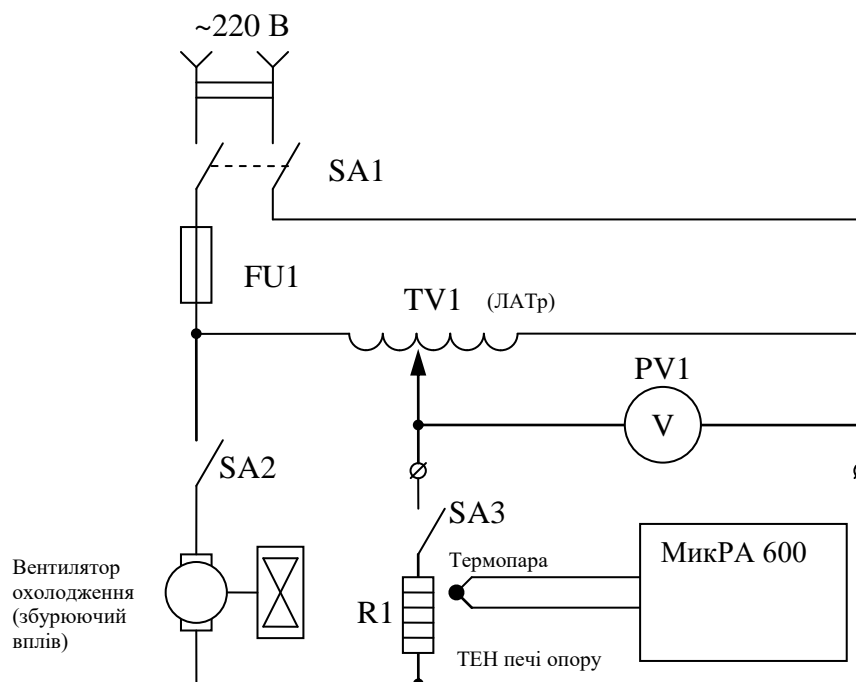


Рисунок 1.6 – Схема для визначення характеристик об'єкта регулювання

б) ввімкнути електроживлення стенда та пристрою МикРА 600 за допомогою вимикача SA1;

2. Зняти перехідну функцію об'єкта регулювання по керуючому впливі в такій послідовності:

а) встановити за допомогою ЛАТРа та вольтметром PV1 напругу на виході $U = 150$ В;

б) підготувати секундомір (годинник) і таблицю 1.2;

в) записати в таблиці 1.2 і 1.3 початкову температуру об'єкта;

г) ввімкнути об'єкт регулювання (вимикач SA3 на панелі керування) і записувати в таблицю 1.2 значення температури спочатку через кожні 15 с, а до кінця дослідження через 0,5 хв.

Стале значення температури записати в таблицю 1.4.

Після завершення дослідження об'єкт регулювання і ЛАТР не вимикати.

3. Оцінити вплив збурюючого впливу, на температуру об'єкта, для чого ввімкнути вентилятор і записувати в таблиці 1.3 і 1.4 значення температури так само, як у попередньому досліді.

4. Зняти статичну характеристику об'єкта, для чого встановлювати напругу живлення відповідно до таблиці 1.4 і визначати значення температури, що встановляється, які відповідають цим напругам при ввімкненому і вимкненому вентиляторі (без збурюючого впливу та зі збурюючим впливом).

1.4.3 Результати дослідів

Результати дослідження рекомендується представити у вигляді таблиць (див. таблиці 1.2, 1.3, 1.4).

Таблиця 1.2 – Результати дослідів по зняттю перехідної функції печі

Час t , с	0	15	30	45	60	...							
Температура θ , °C													

Таблиця 1.3 – Результати дослідів по оцінці збурюючого впливу, на температуру об'єкта регулювання

Час t , сек	0	15	30	45	60	...							
Температура θ , °C													

Таблиця 1.4 – Результати експериментів по зняттю статичної характеристики об'єкта

Напруга живлення Об'єкта U , В	Стале значення температури $\theta_{ст}$, °C	
	Без збурювання	Зі збуренням
0		
50		
100		
150		

1.5 Стенд 2

1.5.1 Опис лабораторної установки

Фото лабораторної установки наведено на рисунку 1.5.

У лабораторній роботі визначаються характеристики електронагрівального пристрою (керамічного резистора), що використовується в стенді як об'єкт регулювання температури. На практиці еквівалентом такого пристрою є великі печі опору, які застосовуються наприклад для обжигу кераміки.

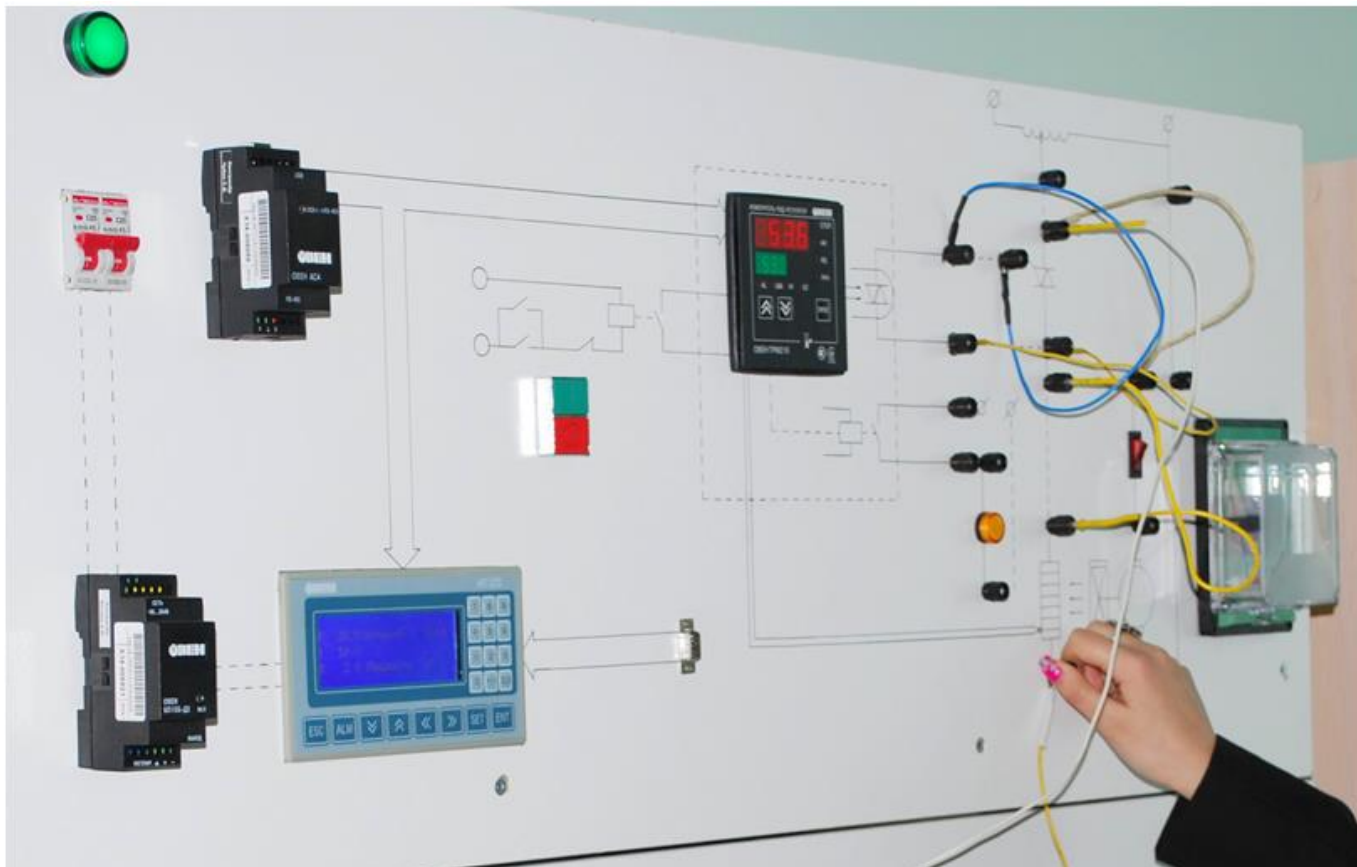


Рисунок 1.7 – Фото стенда № 2 для визначення характеристик об'єкта регулювання

Напруга живлення, що надходить з лабораторного автотрансформатора TV1 (ЛАТР-а) є керуючим впливом, а збурюючий вплив створюється вентилятором. Вихідним сигналом досліджуваного об'єкта регулювання (регульованою величиною) є його температура. Для виміру температури використовується термопара, що генерує термо-ЕРС пропорційну температурі. ЕРС виміряється пристроєм ТРМ 210 та відображає температуру електронагрівального пристрою.

1.5.2 Порядок виконання роботи

1. Підготувати лабораторний стенд до роботи, виконавши наступні операції:
 - а) зібрати схему рисунок 1.8, підключивши нагрівальний елемент R1 до виходу ЛАТР-а;

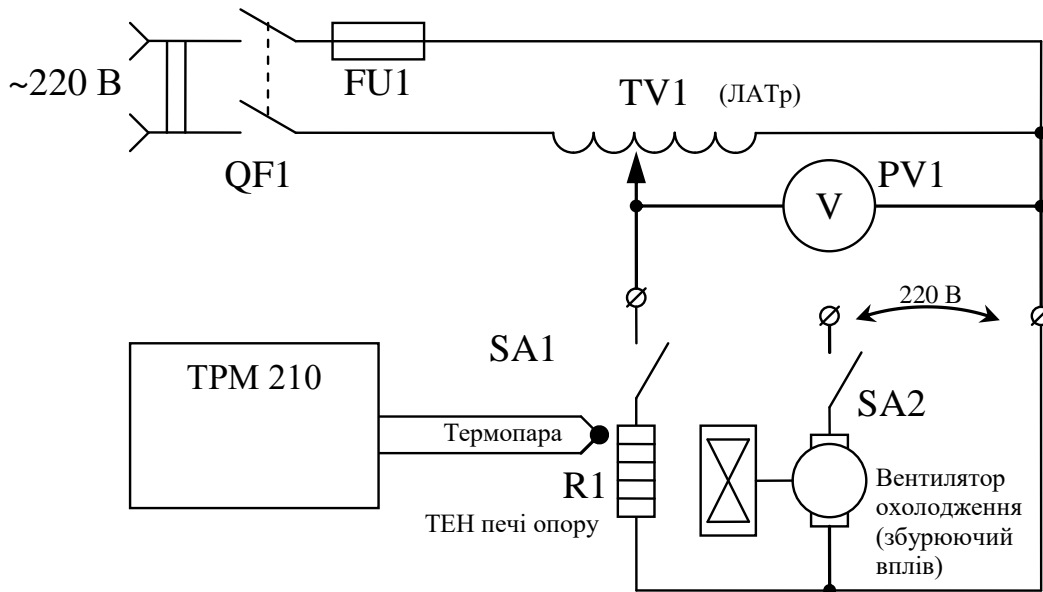


Рисунок 1.8 – Схема для визначення характеристик об’єкта регулювання

б) ввімкнути електроживлення стенда та пристрою TPM 210 за допомогою вимикача QF1;

2. Зняти перехідну функцію об’єкта регулювання по керуючому впливі в такій послідовності:

а) встановити за допомогою ЛАТРа та вольтметром PV1 напругу на виході $U = 150 \text{ В}$;

б) підготувати секундомір (годинник) і таблицю 1.2;

в) записати в таблиці 1.2 і 1.3 початкову температуру об’єкта;

г) ввімкнути об’єкт регулювання (вимикач SA1 “Пуск” на панелі керування) і записувати в таблицю 1.2 значення температури спочатку через кожні 15 с, а до кінця досліду через 0,5 або 1 хв.

Стале значення температури записати в таблицю 1.4.

Після завершення досліду об’єкт регулювання і ЛАТР не вимикати.

3. Оцінити вплив збурюючого впливу, на температуру об’єкта, для чого ввімкнути вентилятор і записувати в таблиці 1.3 і 1.4 значення температури так само, як у попередньому досліді.

4. Зняти статичну характеристику об’єкта, для чого встановлювати напругу живлення відповідно до таблиці 1.4 і визначати значення температури, що встановляється, які відповідають цим напругам при ввімкненому і вимкненому вентиляторі (без збурюючого впливу та зі збурюючим впливом).

1.5.3 Результати дослідів

Результати досліду рекомендується представити у вигляді таблиць (див. таблиці 1.2, 1.3, 1.4).

Таблиця 1.5 – Результати досліду по зняттю перехідної функції печі

Час t , с	0	15	30	45	60	...							
Температура θ , °C													

Таблиця 1.6 – Результати дослідів по оцінці збурюючого впливу, на температуру об'єкта регулювання

Час t , сек	0	15	30	45	60	...							
Температура θ , °C													

Таблиця 1.7 – Результати експериментів по зняттю статичної характеристики об'єкта

Напруга живлення Об'єкта U , В	Стале значення температури $\theta_{ст}$, °C	
	Без збурювання	Зі збуренням
0		
75		
150		
220		

1.6 Обробка результатів дослідів

1. Побудувати сімейство статичних характеристик об'єкта регулювання.
2. Позначити на побудованих характеристиках робочу точку, що відповідає температурі 150°C і значенню збурювання рівному 0, і визначити напругу живлення об'єкта $U_{роб}$, що відповідає робочій точці.
3. Визначити значення коефіцієнтів підсилення по керуючому (k_u) і по збурюючому (k_f) впливу, що відповідає робочій точці.
4. Побудувати перехідні функції об'єкта по керуючому (k_u) і по збурюючому (k_f) впливу (дозволяється на одному рисунку).
5. Визначити по графіках перехідних функцій значення постійних часу (T_U і T_f) і запізнення (τ_u і τ_f).
6. Зобразити структурну схему об'єкта регулювання (див. рисунок 1.4) з числовими значеннями коефіцієнтів передаточних функцій.

1.7 Висновки по роботі

У висновках по роботі потрібно коротко охарактеризувати статичні і динамічні властивості досліджуваного об'єкта регулювання.

1.8 Контрольні питання

1. Охарактеризувати елементи стенда, використані в лабораторній роботі.
2. Що таке статична характеристика? Як її зняти експериментально? Типові моделі статичних властивостей.
3. Що таке перехідна функція? Як її зняти експериментально? Перехідні функції типових динамічних ланок.
4. Що таке передаточна функція? Як її одержати з диференціального рівняння. Записати передаточні функції типових динамічних ланок.
5. Як по отриманим експериментальним даним визначити коефіцієнти підсилення, постійні часу, запізнювання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ З ПОЗИЦІЙНИМ РЕГУЛЯТОРОМ

2.1 Мета роботи

Ознайомитися з характеристиками і принципом дії сучасних цифрових позиційних регуляторів. Дослідити експериментально можливості САР температури з позиційним регулятором.

2.2 Теоретичні відомості

Позиційні регулювальники забезпечують хорошу якість регулювання для об'єктів з малим запізнюванням, не вимагають налаштування і прості в експлуатації. Тому такі регулятори отримали широке застосування.

Регулювальники з позиційним (релейним) законом регулювання.

Особливість таких регуляторів полягає в тому, що керуючий вплив (вихідний сигнал) приймає тільки кілька дискретних значень – позицій, тому їх називають позиційними. Даний тип регулятора ще називають Т-регулятором. Вони бувають з двопозиційним і трипозиційним законом регулювання.

Двопозиційні мають дискретну вихідну величину Y типа вкл./викл. (наприклад, включення/виключення нагрівача). Т-регулятора включає або вимикає вихідне реле залежно від того, досягла або не досягла регульована величина заданого значення.

Трипозиційні регулювальники мають дискретну вихідну величину Y з двома точками перемикання типа вкл./викл. і зоною нечутливості (наприклад, реверсивне управління сервоприводом) див. рисунок 2.6,а.

Динамічні властивості об'єктів і вибір типу регулятора. Для визначення можливості використання Т-регулятора необхідно знати інерційність і час транспортного запізнювання регульованого об'єкту.

Для їх визначення на практиці найчастіше використовують методику зняття перехідної характеристики, (див. лаб. робота №1).

Потрібний, щоб система знаходилася у спокої і були відсутні зовнішні обурення. На вхід виконавського органу подається ступінчаста дія $1(t)$ (рисунок 1.2)., внаслідок чого станом об'єкту є деякий процес $X(t)$ – перехідну характеристику (див. на рисунку 2.1,а.).

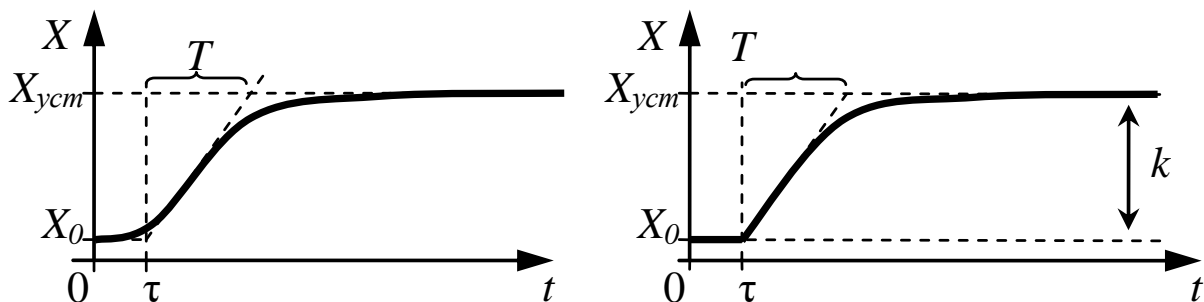


Рисунок 2.1 – Обробка перехідної функції теплового об'єкта:
а) реальна крива; б) ідеалізована крива,

На рисунку 2.1 наведені позначення: τ – час транспортного запізнювання; T – постійна часу (час узгодження) визначається інерційністю об'єкту; $X_{уст}$ – сталі значення; R – нахил розгінної кривої dx/dt (макс. швидкість зміни X)

По вигляду цього перехідного процесу об'єкти регулювання можна підрозділити на декілька основних категорій:

- об'єкти з малою інерційністю і без запізнювання ($T < 5$ мін),
- об'єкти з інерційністю і з малим запізнюванням ($\tau/T < 0,1$).

Виходячи із співвідношення τ/T і вибирається тип регулятора. Слід пам'ятати, що T -регулятори можна застосовувати тільки якщо $\tau/T < 0,1$. Позиційні регулятори не вимагають налаштування і забезпечують при цьому співвідношенні малий відхід від заданої температури.

Наприклад, вони використовуються для регулювання температури води в баках, в пастеризаторах, для управління нагрівом печі Ш2ХПА-25 хлібозаводу, в сушильних камерах ЖБК, в саунах і ін.

Алгоритм регулювання для позиційних регуляторів визначається статичною характеристикою регулювальника: залежністю вихідного сигналу Y від вхідного X (див. рисунок 2.2).

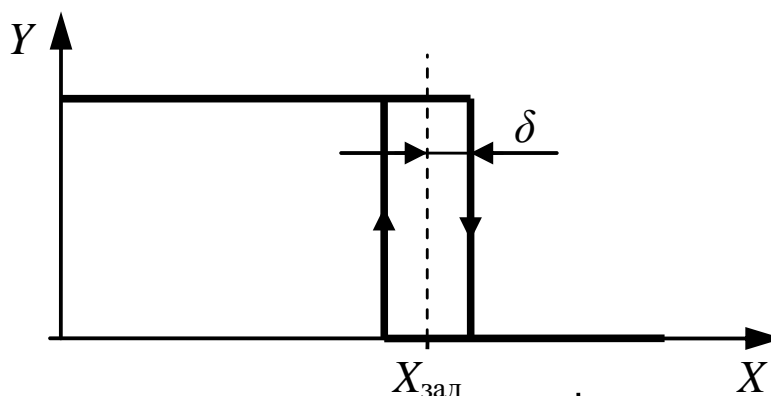


Рисунок 2.2 – Статична характеристика двопозиційного регулятора

Вихідна величина Y дорівнює максимальній дії (нагрівач включений) при $X - X_{зад} < -\delta$, $Y = 0$ при $X - X_{зад} > \delta$, де δ – поріг. Таку характеристику ще називають гістерезисною, а поріг спрацювання регулятора гістерезисом.

Процесом регулювання є коливання навколо заданого рівня (див. рисунок 2.4). Частота і амплітуда коливань визначаються величинами τ , R , T , δ . Однак якщо параметри коливань задовольняють технологічним і експлуатаційним обмеженням, то система вважається працездатною.

Для об'єктів з великою інерційністю T і з малим запізнюванням τ регулювання відбувається з постійними коливаннями до 5-15% від $U_{зад}$. Чим більше δ , τ/T , R , тим більше амплітуда коливань. Чим більше τ і T , тим більше період коливань.

Розглянемо як приклад структурну схему досліджуваної в даній лабораторній роботі схему САР температури з двопозиційним регулятором (рисунок 2.3).

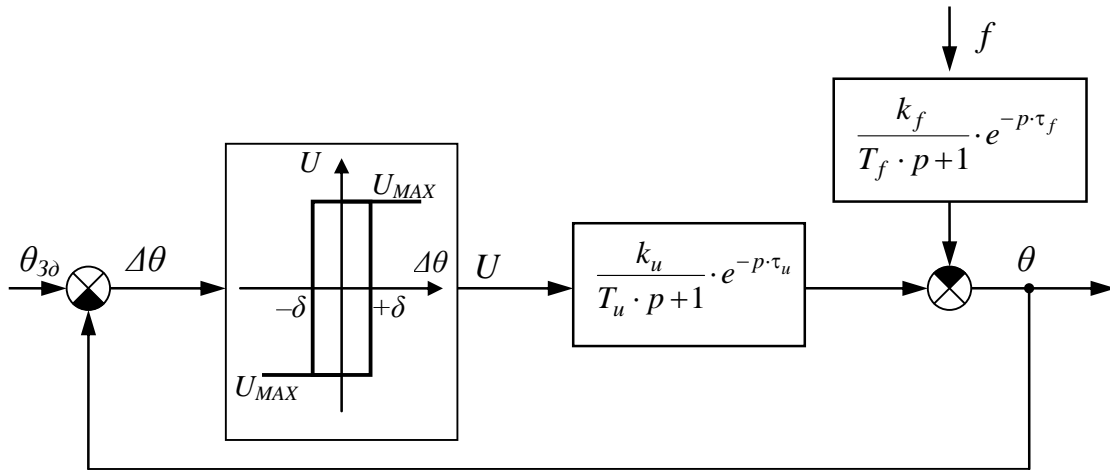


Рисунок 2.3 – Структурна схема САР температури з позиційним регулятором

Зображення об'єкта регулювання тут відповідає моделі, отриманої в роботі №1. Регулятор представлений статичною характеристикою двохпозиційного регулятора.

У вихідному стані температура об'єкта регулювання значно нижче заданої, сигнал неузгодженості має велике позитивне значення, тому на виході регулятора сигнал максимальний U і U_{MAX} і температура починає швидко збільшуватися (рисунок 2.4).

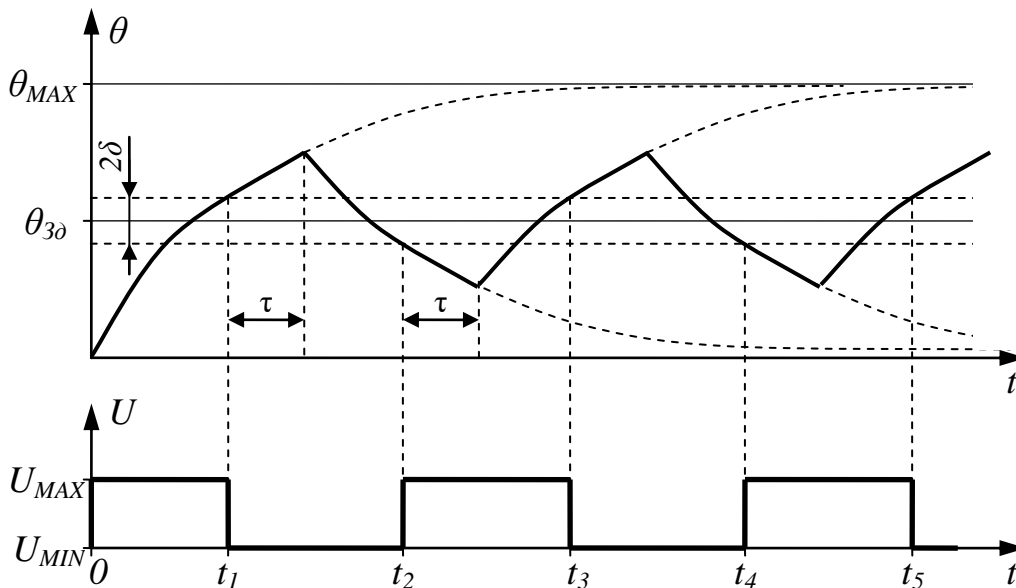


Рисунок 2.4 – Характер зміни температури і напруги живлення печі при роботі позиційного регулятора

Коли температура перевищить задане значення на величину δ , регулятор спрацьовує і на виході його встановиться мінімальне значення керуючого впливу $U = U_{MIN}$. Однак, через запізнювання температура буде як і раніше збільшуватися і тільки через час τ почне зменшуватися.

Коли вона зменшиться нижче заданого на величину δ , регулятор знову спрацьовує і на виході установається максимальне значення керуючого впливу

$U = U_{MAX}$. Але зниження температури буде ще продовжуватися в інтервалі часу τ , після чого вона знову почне підвищуватися.

Таким чином, при використанні позиційного регулятора для керування об'єктом із запізнюванням виникають відхилення регульованого параметра від заданого значення $\Delta\theta^+$ і $\Delta\theta^-$ (див. рисунок 2.4). Для того, щоб оцінити величину цих відхилень будемо вважати, що після спрацювання регулятора в моменти часу t_1 , t_2 , ... протягом часу запізнювання τ , регульований параметр буде змінюватися з постійною швидкістю. Тоді величину відхилення можна визначити помноживши цю швидкість на час запізнювання. А формулу для обчислення швидкості зміни параметра можна одержати з диференціального рівняння інерційної ланки. У результаті одержимо такі залежності для розрахунку величини відхилень:

$$\begin{aligned}\Delta\theta^+ &= \frac{\theta_{MAX} - \theta_{ЗД}}{T} \cdot \tau, \\ \Delta\theta^- &= \frac{\theta_{MIN} - \theta_{ЗД}}{T} \cdot \tau,\end{aligned}\quad (3.1)$$

де τ – час запізнювання об'єкта;

T – постійна часу об'єкта;

$\theta_{ЗД}$ – задане значення температури;

θ_{MAX} , θ_{MIN} – сталі значення температури, що відповідають U_{MAX} , U_{MIN} (визначаються по статичній характеристиці об'єкта).

На практиці використовують різні види позиційних регулювальників.

По вигляду статичної характеристики двопозиційні регулювальники можуть бути в основному наступних видів (див. рисунок 2.5).

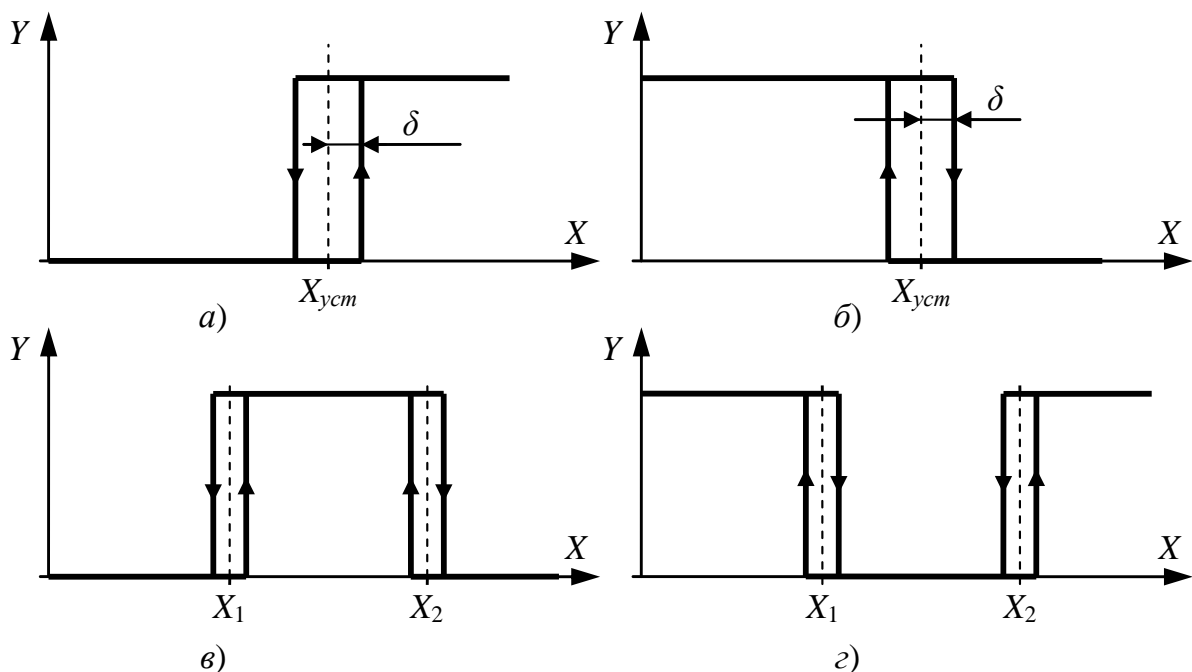


Рисунок 2.5 – Види двопозиційних регуляторів

Статичну характеристику регулятора виду *a)* на практиці називають прямим гістерезисом і застосовують такі регулятори для вентиляції, в холодильниках та ін.

Статичну характеристику регулятора виду *б)* називають зворотнім гістерезисом і зазвичай застосовують в різних нагрівальних приладах, термошкафах, баках і тому подібне.

Регулятори зі статичними характеристики видів *в)* і *г)* на практиці називають двопозиційним регулятором з П-подібною логікою і U-подібною логікою. Регулятори з такою логікою застосовують для сигналізації виходу системи на робочий режим.

Застосовуються також багатопозиційні регулятори.

Трипозиційні регулятори застосовуються для управління сервоприводом, а також для регулювання мікроклімату підігрівачем і вентилятором. Статична характеристика такого регулятора зображена на рисунку 2.6.

Чотирьохпозиційного регулювальника застосовують для поліпшення точності регулювання.

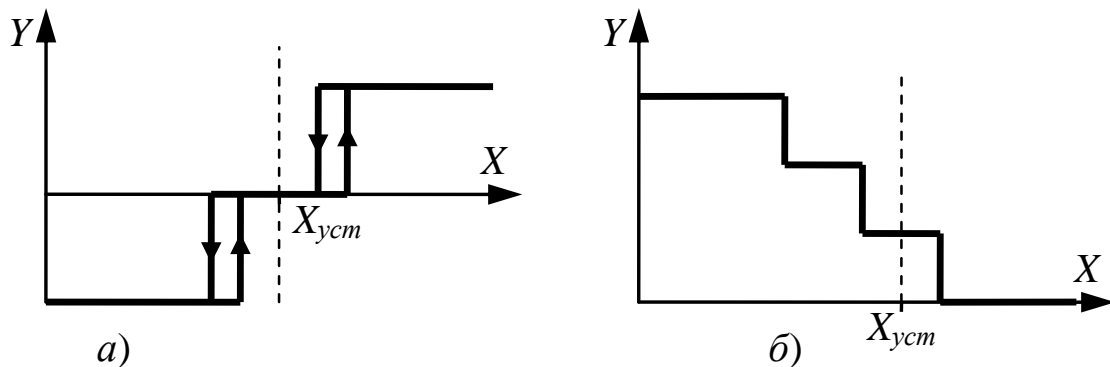


Рисунок 2.6 – Многопозиционные регуляторы:

a) трехпозиционный регулятор; *б)* четырехпозиционный регулятор

Вище було описано, що процесом регулювання є вагання довкола завдання (див. мал. 5). Частота і амплітуда визначаються величинами τ , R , T , δ .

Для поліпшення процесу регулювання, тобто для зменшення відхилень X від завдання U необхідно зменшувати транспортне запізнювання τ і інерційність T системи регулювання. Це можна зробити, змінивши конструкцію об'єкту регулювання або відповідним чином розмістивши датчик (наприклад поблизу нагрівача).

За інших рівних умов, чим більше X_{MAX} – максимально-можливе значення регульованої величини, тим більше коливання в позиційних регуляторах. Це значення слід встановити по можливості рівним верхньому кордону діапазону регулювання.

Ці ж міркування також відносяться і до нижнього кордону діапазону. Тобто встановивши постійний нагрівач і підключивши підігрівач до регулювальника можна істотно поліпшити характеристики САР.

Якщо, проте, потрібний широкий діапазон регулювання, можна застосувати чотирьохпозиційного регулювальника, підключивши до нього два елементи, один з яких в два рази потужніше за інше.

На практиці широко використовуються багатоканальними позиційні регулятори (дво-, чотири-, восьмиканальними, ...). Такі прилади можуть працювати в декількох режимах.

Наприклад двоканальний двопозиційний регулятор може працювати в режимах: 1) незалежне керування двома об'єктами (рисунок 2.7,*а*); 2) регулювання виходячи з різниці двох вхідних (вимірних) параметрів (рисунок 2.7,*б*); 3) робота в режимі трипозиційного одноканального регулятора (рисунок 2.7,*в*).

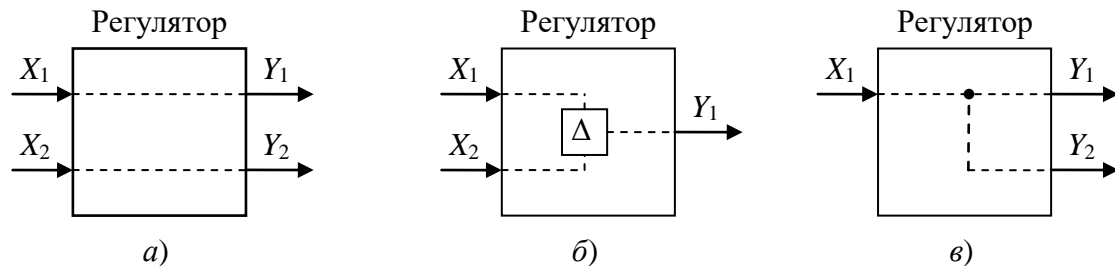


Рисунок 2.7 – Різні можливості використання двох входів X_1, X_2 і виходів Y_1, Y_2 двоканальних цифрових позиційних регуляторів

Тому для утворення багатопозиційних регуляторів слід шукати багатоканальні двопозиційні регулятори.

Недоліком позиційних регуляторів є те, що вони практично непридатні для систем зі значним транспортним запізнюванням $\tau > 0,2 \cdot T$ і для об'єктів без самовирівнювання, оскільки регульована величина далеко виходить за необхідні межі регулювання. У таких випадках застосовують регулятори з пропорційно-інтегрально-дифференціальним (ПІД) законом. Однак позиційні регулятори дозволяють для об'єктів з великою інерційністю T і з малим запізнюванням $\tau < 0,2 \cdot T$ забезпечити хорошу якість регулювання: $X - X_{\text{зад}} \ll 1\%$ від $X_{\text{зад}}$, досить малий час виходу на режим і невисоку чутливість до обурень.

2.3 Стенд № 1

2.3.1 Опис експериментальної установки

Схема досліджуваної САР з позиційним регулятором зображена на рисунку 2.8. Основними елементами регулятора є реле К вбудоване в автоматичний регулятор «PLAST+1000С». Введення температури стабілізації та гістерезису виконується за допомогою кнопок на лицьовій панелі.

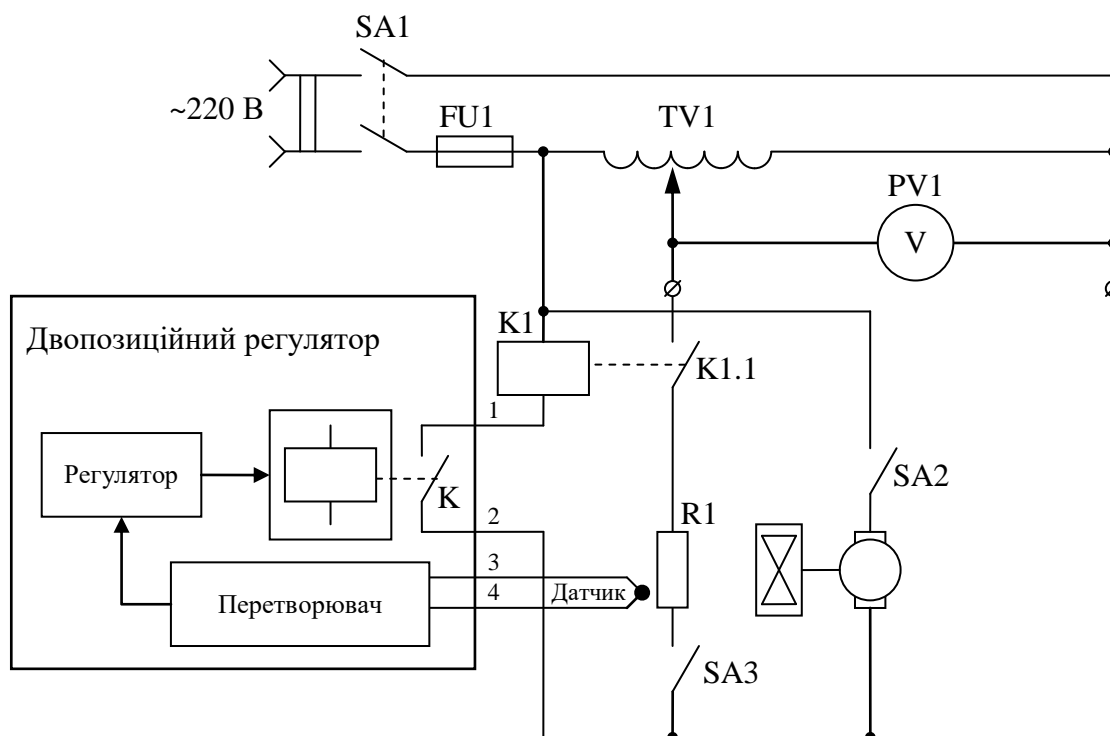


Рисунок 2.8 – Схема для визначення характеристик об'єкта регулювання

У початковий момент часу, коли температура нижче заданої, контакт реле регулятора К замкнений. При цьому через обмотку реле К1 йде струм. Реле К1 своїм нормально розімкнутим контактом К1.1 підключає піч до мережі 220 В. Таким чином, у вихідному стані і піч нагрівається.

Коли температура печі досягає заданого значення реле К регулятора відключається. У результаті обмотка реле К1 відключаються від мережі. Контакт К1.1 повертається в нормальний (розімкнутий) стан і піч відключається від мережі 220 В.

Тому що об'єкт регулювання має запізнювання, то після відключення від мережі піч буде продовжувати нагріватися і лише через час транспортного запізнювання почне охолоджуватися. Коли температура знизиться нижче заданої гістерезисом, реле К регулятора знову замкнеться, спрацює реле К1. Контакт К1.1 замкнеться і піч знову почне нагріватися.

Збурюючий вплив на систему можливо втілити за допомогою включення вимикачем SA2 двигуна з вентилятором охолодження печі опору.

Збурюючий вплив на систему по ланцюгу живлення можливо втілити за допомогою зміни вхідної напруги ЛАТРОм TV1.

На рисунках 2.9-2.10 показана інструкція до двопозиційного регулятора.

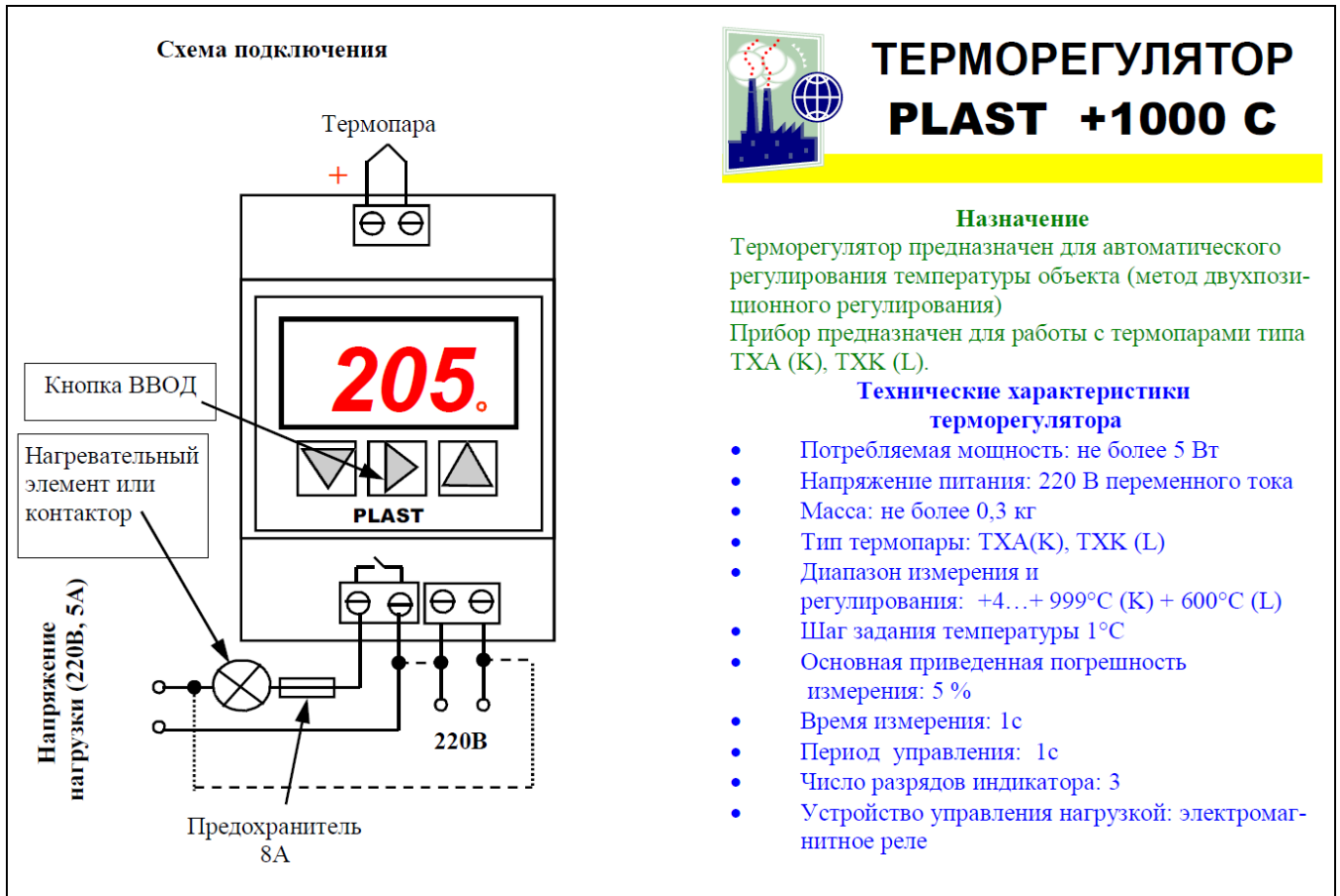


Рисунок 2.9 – Інструкція до двопозиційного регулятора сторінка 1

2.3.2 Порядок виконання роботи

1. Підготувати стенд до роботи:

- а) зібрати схему САР температури з позиційним регулятором (рисунок 2.8);
- б) задати температуру стабілізації 150°C та температурний гістерезис;
- в) ввімкнути живлення стенда за допомогою кнопки SA1.

Дослідити роботу САР з позиційним регулятором:

- а) приготувати годинник і таблицю 3.2 ;
- г) ввімкнути "ПЧ" вимикачем SA3 і записати в таблицю 2.2 значення температури через кожні 15 секунд до закінчення перехідного процесу. Після завершення дослідів вимикач SA3 не виключати;
- д) ввімкнути вентилятор вимикачем SA2 і записувати в таблицю 2.2 значення температури як у попередньому досліді.

Программирование прибора

Прибор имеет два режима РАБОТА и НАСТРОЙКА.

Режим РАБОТА:
 В режиме РАБОТА прибор измеряет текущую температуру, выводит ее на индикатор и производит регулирование заданной температуры.

Режим НАСТРОЙКА:
установка нового значения регулируемой температуры
 Переход в режим задания температуры осуществляется нажатием кнопки ВВЕРХ или ВНИЗ и удержанием её в течение секунды. При появлении на индикаторе заданной температуры кнопку следует отпустить. На индикаторе будет изображена температура регулирования в режиме мигания. Установка температуры осуществляется нажатием кнопок ВВЕРХ и ВНИЗ. Фиксация значения параметра осуществляется следующим нажатием и удержанием кнопки ВВОД.

установка нового значения гистерезиса
 Нажимайте последовательно кнопку ВВОД
 При появлении надписи на индикаторе Гис кнопку ВВОД следует отпустить. Для изменения выбранного параметра нажмите кнопку ВВЕРХ или ВНИЗ. На индикаторе будет изображена температура гистерезиса (температура отключения нагрузки = (t°C) - (Гис) подбирается экспериментально) в режиме мигания. Установка температуры осуществляется нажатием кнопок ВВЕРХ и ВНИЗ. Фиксация значения параметра осуществляется кнопкой ВВОД.

установка типа термопары
 Нажимайте последовательно кнопку ВВОД
 При появлении надписи на индикаторе tYP кнопку ВВОД следует отпустить. Для изменения выбранного параметра нажмите кнопку ВВЕРХ или ВНИЗ. На индикаторе будет изображен номер типа термопары. Номер 0 соответствует типу ТХА(К), 1 типу ТХК (L). Установка типа термопары осуществляется нажатием кнопок ВВЕРХ и ВНИЗ. Фиксация значения параметра осуществляется кнопкой ВВОД.

установка нового значения коэффициента усиления
 Нажимайте последовательно кнопку ВВОД
 При появлении надписи на индикаторе CoF кнопку ВВОД следует отпустить. Для изменения выбранного параметра нажмите кнопку ВВЕРХ или ВНИЗ. На индикаторе будет изображен коэффициент усиления усилителя термопары (стандартное значение - 83.6).

При изменении параметров термопары (старение, окисление) возможно потребуются регулировка коэффициента усиления усилителя термопары.
 Установка коэффициента усиления осуществляется нажатием кнопок ВВЕРХ и ВНИЗ. Пределы регулировки 50-250.
 Фиксация значения параметра осуществляется кнопкой ВВОД.
установка нового значения калибровки
 Нажимайте последовательно кнопку ВВОД
 При появлении надписи на индикаторе CAL кнопку ВВОД следует отпустить. Для изменения выбранного параметра нажмите кнопку ВВЕРХ или ВНИЗ. На индикаторе будет изображено значение калибровки показаний температуры. Если показания температуры терморегулятора не совпадают с эталонным термометром - добавьте (убавьте) значение этого параметра на величину несоответствия с эталонным термометром. Пределы регулировки -60...+60. Установка параметра осуществляется нажатием кнопок ВВЕРХ и ВНИЗ. Фиксация значения параметра осуществляется кнопкой ВВОД.
В режиме НАСТРОЙКА - если в течении 3 сек не было произведено нажатий на кнопки прибор переходит в режим РАБОТА.
При обрыве термопары и температуре меньше +2 градусов на индикаторе прибора появится надпись - обг (обрыв) и нагрев будет отключен.
При неправильном значении калибровки (например текущая температура 20 градусов, а значение калибровки -30) на индикаторе прибора появится надпись - Err (ошибка) и нагрев будет отключен.

Рисунок 2.10 – Інструкція до двопозиційного регулятора сторінка 2

2.3.3 Результаты экспериментів

Результаты экспериментів представити у вигляді таблиць 2.2.

Таблиця 2.1 – Результаты экспериментів по дослідженню САР з позиційним регулятором

	Без збурювання					
Час t, сек	0	1	3	4	6
Температура θ, °C						
	Із збуренням					
Час t, сек	0	1	3	4	6
Температура θ, °C						

2.4 Стенд № 2

2.4.1 Опис експериментальної установки

Фото лабораторної установки наведено на рисунку 1.5.

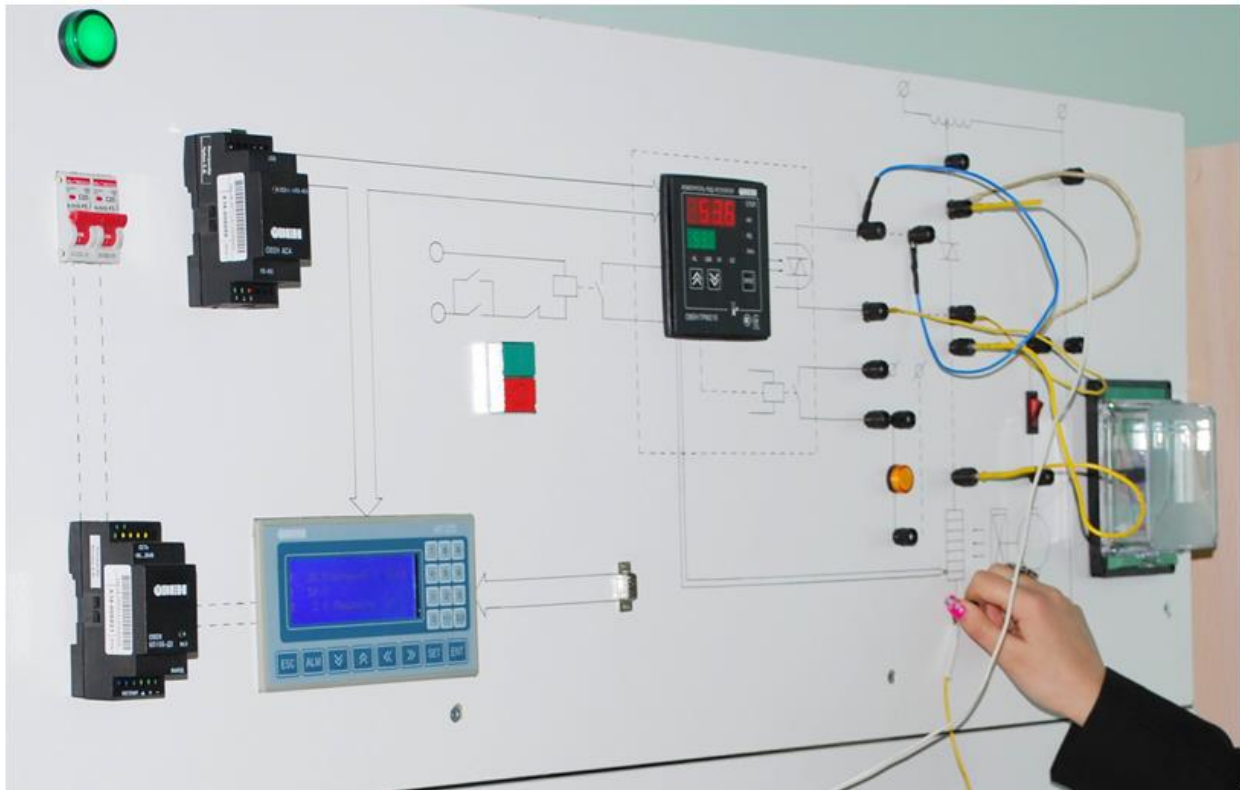


Рисунок 2.11 – Фото стенда № 2 для визначення характеристик об'єкта регулювання

Схема досліджуваної САР з позиційним регулятором зображена на рисунку 2.12. В якості позиційного регулятора використовується ТРМ210. Однак для цього слід його налагодити. Налагодження виконується за допомогою кнопок на лицьовій панелі або ПК.

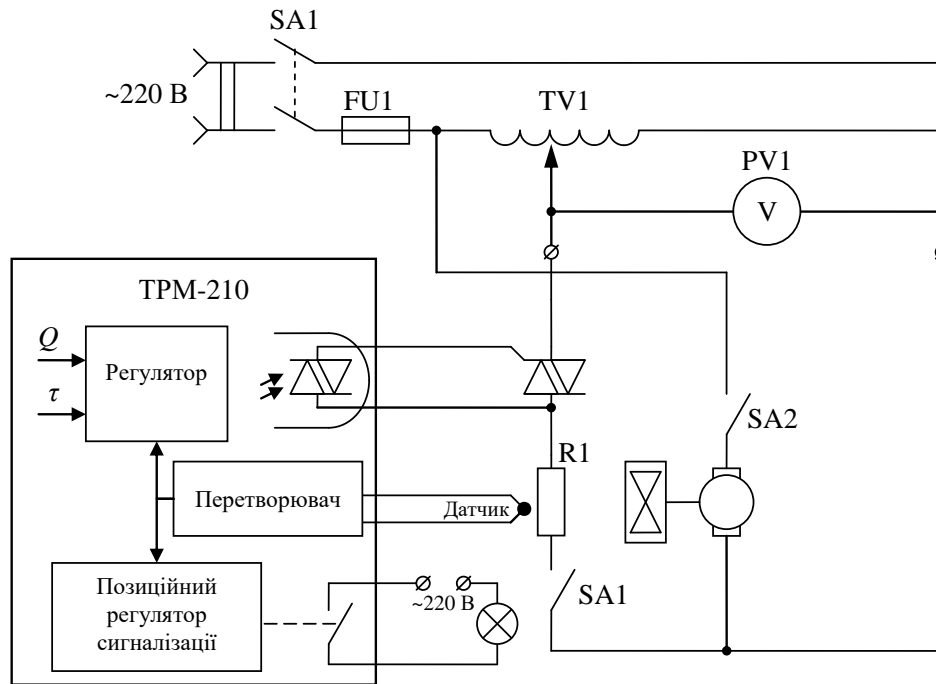


Рисунок 2.12 – Схема для визначення характеристик об'єкта регулювання

Для налагодження слід користуватися інструкцією по експлуатації. Перелік параметрів ПД-регулятора наведений у додатку А та Б.

Особливу увагу слід звернути на параметри:

CntL – режим регулювання **CntL**;

Hyst – гістерезис двухпозиційного регулятора

orEU – тип регулювання («холодильник», «нагрівач») **orEU**;

ALt – тип сигналізації **ALt**;

AL-d – порог спрацювання сигналізації **AL-d**

AL-H – гістерезис Δ для сигналізації **AL-H**.

2.4.2 Порядок виконання роботи

1. Підготувати стенд до роботи:

а) зібрати схему САР температури з позиційним регулятором (рисунок 2.8);

б) ввімкнути живлення за допомогою кнопки QF1.

в) налагодити ТРМ 210 на роботу в режимі позиційного регулятора

г) задати температуру стабілізації 70°C (температура може бути змінена викладачем відповідно до варіанту) та температурний гістерезис;

Дослідити роботу САР з позиційним регулятором:

а) приготувати годинник і таблицю 3.2 ;

г) ввімкнути "ПЧ" вимикачем S1 «Пуск» і записати в таблицю 2.2 значення температури через кожні 15 секунд до закінчення перехідного процесу. Після завершення дослідження кнопки S3 Стоп не включати;

д) ввімкнути вентилятор вимикачем SA2 і записувати в таблицю 2.2 значення температури як у попередньому досліді.

2.4.3 Результати експериментів

Результати експериментів представити у вигляді таблиць 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати експериментів по дослідженню САР з позиційним регулятором

	Без збурювання					
Час t , сек	0	1	3	4	6
Температура θ , °С						
	Зі збуренням					
Час t , сек	0	1	3	4	6
Температура θ , °С						

2.5 Обробка результатів експериментів

1. Побудувати статичну характеристику регулюючого пристрою, прийнявши як вхід-сигнал неузгодженості, і виходу відхилення напруги на виході від його значення в робочій точці (відповідного температурі 150°C);
2. Визначити коефіцієнти підсилення релейного підсилювача по струму, напрузі, потужності.
3. Побудувати графіки процесу регулювання температури і визначити сталі максимальні значення відхилень температури від заданого значення.
4. Скориставшись формулами (4.1) визначити розрахункові значення відхилень температури.

2.6 Висновки по роботі

У висновках варто висвітлити наступні питання:

- а) математична модель регулятора;
- б) роль реле К1 у схемі регулятора;
- в) якість регулювання в системі з позиційним регулятором.

2.7 Контрольні питання

1. Динамічні властивості об'єктів і вибір типу регулятора.
2. Алгоритм регулювання позиційних регуляторів.
3. Який вигляд має структурна схема САР температури з позиційним регулятором.
4. Методика розрахунку відхилень регульованого параметра від заданого значення для САР з позиційним регулятором і інерційним об'єктом із запізнюванням за структурною схемою.
5. Який характер зміни температури і напруги живлення печі при роботі позиційного регулятора?
6. Які види позиційних регуляторів існують?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ З П-РЕГУЛЯТОРОМ

3.1 Мета роботи

Ознайомитися з методами оцінки якості регулювання. Ознайомитися з конструкцією ПІД-регулятора ТРМ 210. Дослідити залежність якості регулювання від налаштування регулятора.

3.2 Теоретичні відомості

Дослідження САР, що буде проведене в роботі, полягає в оцінці впливу налаштування регулятора на показники якості регулювання.

Найпростіша система автоматичного регулювання зі зворотним зв'язком наведена на рисунку 3.1. У ній блок R називають регулятором (від слова Regulator), P – об'єктом регулювання (від слова Process), $\theta_{зд}$ – керуючим впливом або уставкою (reference), e – сигналом неузгодженості або помилки (error), u – вихідною величиною регулятора, θ – параметр об'єкту керування, що має стабілізуватися.

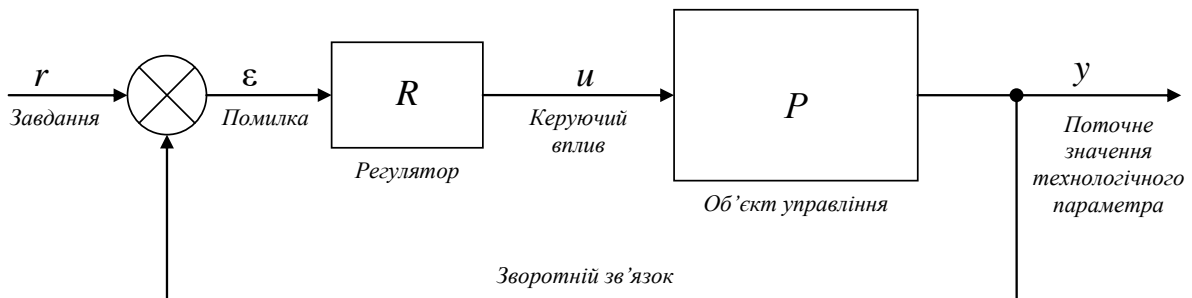


Рисунок 3.1 – ПІД-регулятор у системі зі зворотним зв'язком

Такий регулятор називають ПІД-регулятором. Якщо вихідна змінна u регулятора описується виразом

$$u(t) = K_{\text{пер}} \cdot \varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(t) dt + T_d \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt}, \quad (3.1)$$

де t – час; K, T_i, T_d – пропорційний коефіцієнт (безрозмірний), постійна інтегрування (розмірність часу) і постійна диференціювання (розмірність часу) регулятора.

Використовуючи перетворення Лапласа при нульових початкових умовах $u(0)=0$, вираження (3.1) можна представити в операторній формі:

$$u(s) = \left(K_{\text{пер}} + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s \right) \cdot \varepsilon(s) \quad (3.2)$$

де s – оператор перетворення Лапласа.

Таким чином, передатна функція ПІД-регулятора має вигляд

$$R(s) = K_{\text{пер}} + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s = K_{\text{пер}} \left(1 + \frac{1}{K_{\text{пер}} \cdot T_i \cdot s} + \frac{T_d}{K_{\text{пер}}} \cdot s \right) \quad (3.3)$$

З урахуванням збурюючих впливів $n(s)$ і шуму $d(s)$ рівняння системи автоматичного керування прийме вид

$$y(s) = \frac{P(s) \cdot R(s)}{1 + P(s) \cdot R(s)} \cdot r(s) + \frac{1}{1 + P(s) \cdot R(s)} \cdot n(s) + \frac{P(s)}{1 + P(s) \cdot R(s)} \cdot d(s) \quad (3.4)$$

Розглянемо роботу регулятора при використанні лише пропорційної складової при цьому регулятор називають П-регулятор.

3.2.2 П-регулятор

Якщо інтегральна та диференціальна компоненти відсутні, тобто $T_d = 0, T_i = \infty$. Тоді з (3.4) одержимо $R(s) = K_{\text{пер}}$ і (5.42) можна перетворити до виду

$$y(s) = \frac{P(s) \cdot K_{\text{пер}}}{1 + P(s) \cdot K_{\text{пер}}} \cdot r(s) + \frac{1}{1 + P(s) \cdot K_{\text{пер}}} \cdot n(s) + \frac{P(s)}{1 + P(s) \cdot K_{\text{пер}}} \cdot d(s) \quad (3.5)$$

В усталеному режимі (після перехідного процесу) при $t \rightarrow \infty$ або $s = j\omega \rightarrow j \cdot 0$ передатна функція процесу $P(s)$ дорівнює коефіцієнту передачі K_u . При цьому вираження (3.5) перетвориться до виду

$$y = \frac{K_u \cdot K_{\text{пер}}}{1 + K_u \cdot K_{\text{пер}}} \cdot r + \frac{1}{1 + K_u \cdot K_{\text{пер}}} \cdot n + \frac{K_u}{1 + K_u \cdot K_{\text{пер}}} \cdot d \quad (3.6)$$

Як впливає з отриманої формули, збурюючий вплив d знижується з ростом петлевого посилення $K_u \cdot K_{\text{пер}}$ і при $K_u \cdot K_{\text{пер}} \gg 1$ обернено пропорційно коефіцієнту регулятора $K_{\text{пер}}$. Однак проблема стійкості не дозволяє вибирати $K_{\text{пер}}$ як завгодно великим.

Вплив перешкоди n також зменшується з ростом петлевого посилення та пропорційного коефіцієнта регулятора $K_{\text{пер}}$. Додатково вплив перешкоди можна зменшити застосуванням екранування, правильного заземлення, витих пар, зменшенням довжини провідників у колі зворотного зв'язку та ін. [1].

При малих перешкодах і зовнішніх збурюваннях похибка регулювання П-регулятора δy , як впливає з (3.6), визначається величиною пропорційного коефіцієнта підсилення:

$$\delta y = r - \frac{K_u \cdot K_{\text{пер}}}{1 + K_u \cdot K_{\text{пер}}} \cdot r = \frac{1}{1 + K_u \cdot K_{\text{пер}}} \cdot r \quad (3.7)$$

Похибка регулювання не може бути зменшена до нуля лише шляхом збільшення посилення $K_{\text{рег}}$ регулятора, оскільки з ростом $K_{\text{рег}}$ спочатку падає запас. При збільшенні посилення $K_{\text{рег}}$ регулятора спочатку погіршується якість регулювання (рисунок 3.2), а потім виникають періодичні коливання (система втрачає стійкість).

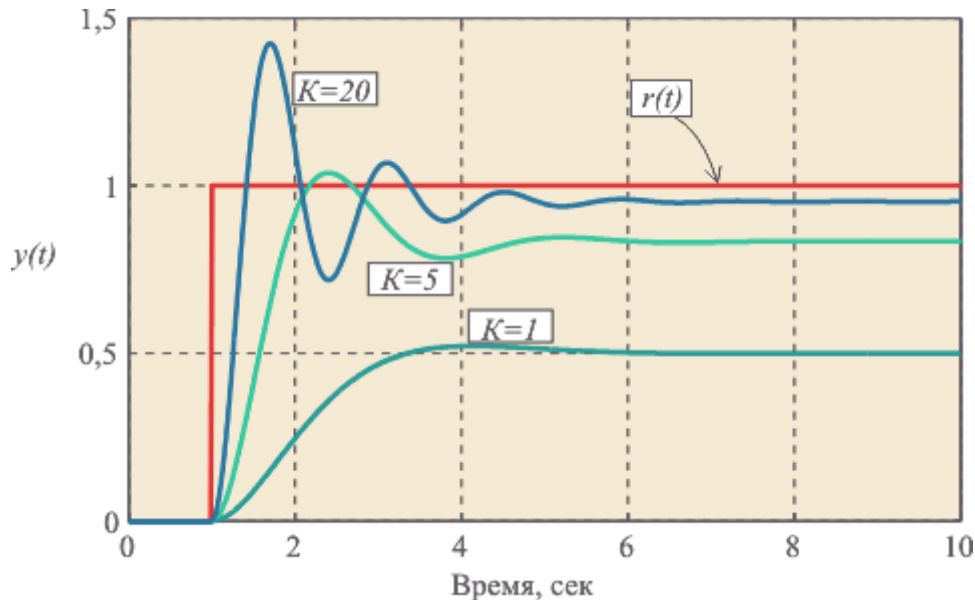


Рисунок 3.2 – Зміна змінної $y(t)$ у часі при подачі одиничного стрибка $r(t)$ на вхід системи при різних $K_{\text{рег}}$

Компенсувати помилку регулювання можна за допомогою корекції завдання – величини r . Для цього завдання після корекції (позначимо його r'), як впливає з (3.6) і (3.7), повинне мати вигляд

$$r' = \frac{1 + K_u \cdot K_{\text{рег}}}{K_u \cdot K_{\text{рег}}} \cdot r \quad (3.8)$$

Перехідний процес у контурі з П-регулятором при $K_u = 1$ і різних $K_{\text{рег}}$ показаний на рисунку 3.2. При малих $K_{\text{рег}}$ система має мале перерегулювання, але більшу статичну погрішність (50%). З ростом $K_{\text{рег}}$ погрішність зменшується, але зростає перерегулювання.

3.2.3 Показники якості регулювання.

Показники якості регулювання можуть бути прямі і непрямі. До прямих показників якості відносяться статична помилка, перерегулювання, час регулювання. Ці показники визначаються по перехідних функціях системи (рисунок 3.3).

Статична помилка – це відхилення сталого значення регульованого параметра від заданого:

$$\varepsilon = r - y_{\text{уст}} \quad (8.1)$$

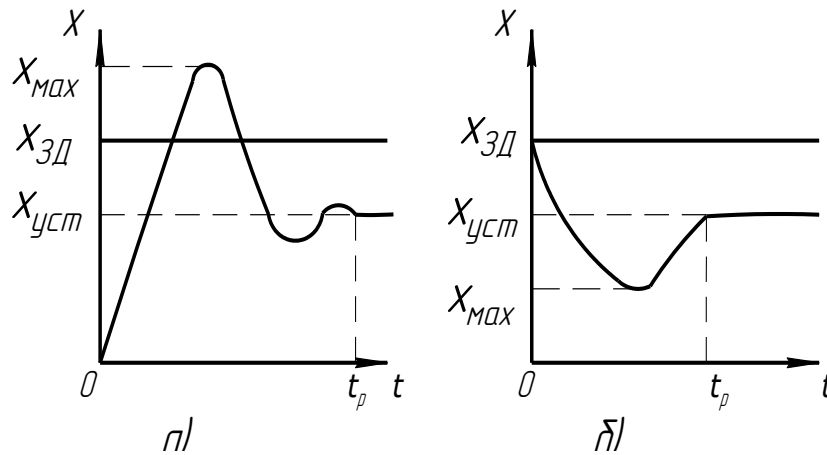


Рисунок 3.3 – Перехідні функції системи:
 а) по керуючому впливу;
 б) по збурюючому впливу.

де ε – значення статичної похибки,
 r – задане значення регульованого параметра,
 $y_{уст}$ – стале значення регульованого параметра.

Перерегулювання визначається як різниця між максимальним і сталим значеннями регульованої величини:

$$\sigma = y_{max} - y_{уст}, \quad (8.2)$$

де σ – перерегулювання,
 y_{max} – максимальне (мінімальне) значення регульованого параметра;
 $y_{уст}$ – стале значення регульованого параметра.

Час регулювання характеризує тривалість перехідного процесу. Процес регулювання вважається закінченим, якщо відхилення регульованого параметра від сталого значення не перевищує деякого припустимого значення.

До непрямих показників якості відносяться запас стійкості і швидкодія. Ці показники можна визначити по частотній характеристиці розімкнутої системи (рисунок 3.4). Запас стійкості оцінюється за значеннями двох показників – запасу стійкості по амплітуді ℓ і запасу стійкості по фазі ψ (див. рисунок 3.4). Ці оцінки тісно зв'язані з критерієм стійкості Найквіста і характеризують ступінь далекості конкретної характеристики від точки -1.

Швидкодію можна оцінити по частоті зрізу ω_c – частота, на якій модуль частотної характеристики розімкнутої системи дорівнює 1. Чим більше значення цієї частоти, тим вище швидкодія.

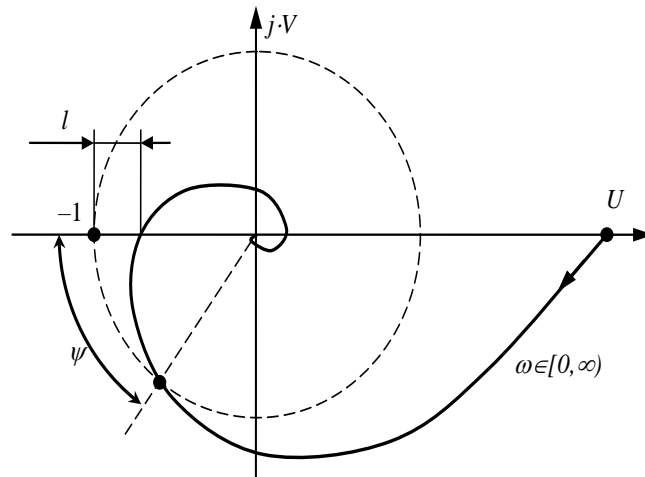


Рисунок 3.4 – Визначення непрямих показників якості регулювання по частотній характеристиці розімкнутої системи

Прямі і непрямі показники якості зв'язані між собою. Перерегулювання збільшується зі зменшенням запасу стійкості. При постійному запасі стійкості збільшення швидкодії приводить до зменшення часу регулювання.

Якість регулювання в досліджуваній системі залежить від налаштування регулятора – обраного значення коефіцієнта підсилення $K_{рег}$. Для того щоб правильно налаштувати регулятор, треба знайти взаємозв'язок між налаштуванням регулятора і показниками якості регулювання. На рисунку 3.5 зображена структурна схема досліджуваної системи.

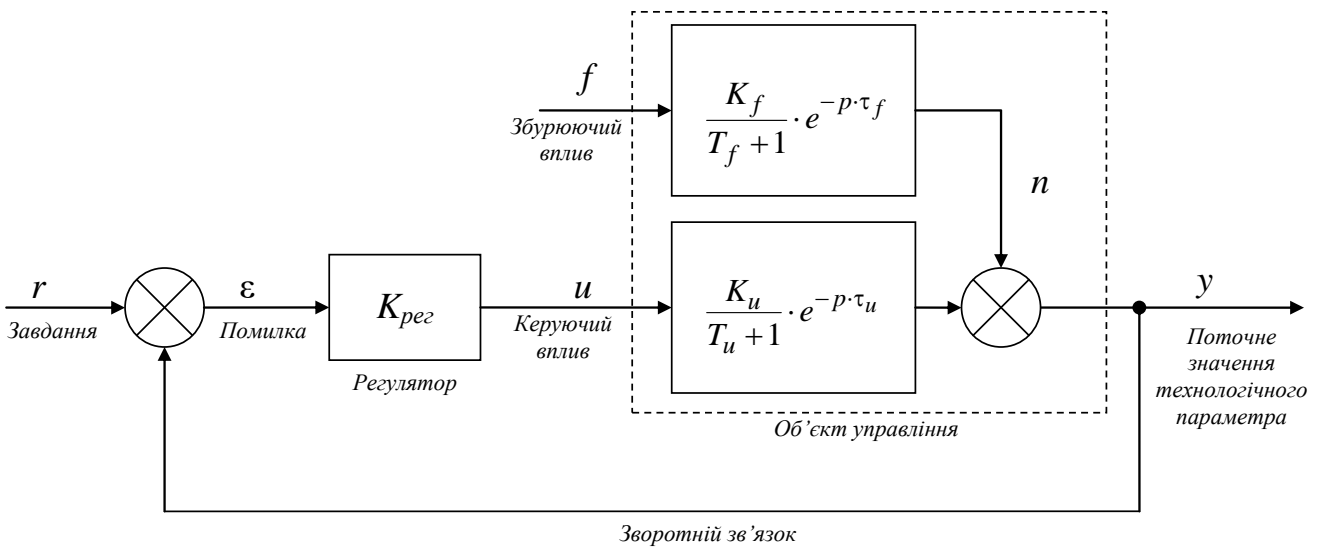


Рисунок 3.5 – Структурна схема досліджуваної системи регулювання

Для оцінки зв'язку між характером перехідних процесів і налаштуванням регулятора, розглянемо частотну характеристику розімкнутої системи

$$W_{розімк}(j\omega) = \frac{K_u \cdot K_{рег}}{T_u j\omega + 1} \cdot e^{-j\omega\tau_u} = \frac{K_u \cdot K_{рег}}{\sqrt{T_u^2 \omega^2 + 1}} \cdot e^{-(\arctg(\omega T_u) - \omega\tau_u)j} \quad (3.9)$$

Годограф такої системи представлений на рисунку 3.11. З виразу (3.9) і годографу випливає, що збільшення коефіцієнта підсилення регулятора приводить до пропорційного збільшення довжини всіх радіус-векторів частотної характеристики і, отже, до зниження запасу стійкості. Отже, максимально можливе значення коефіцієнта підсилення визначається припустимим запасом стійкості.

Для об'єкта з відомими параметрами K_u , T_u , τ_u налаштування регулятора можна знайти по рисунку 3.6.

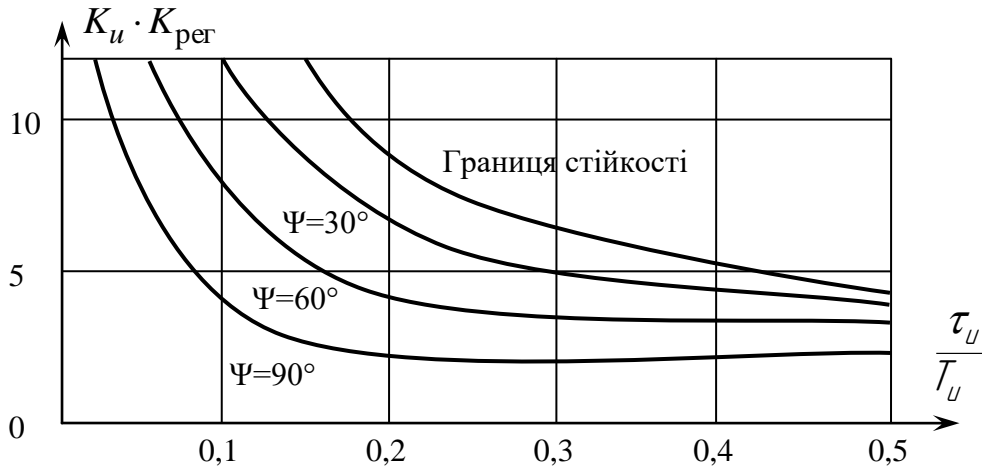


Рисунок 3.6 – Діаграма для вибору налаштувань регулятора

3.3 Опис експериментальної установки

3.3.1 Схема експериментальної установки

Схема досліджуваної системи регулювання з П-регулятором зображена на рисунку 3.7.

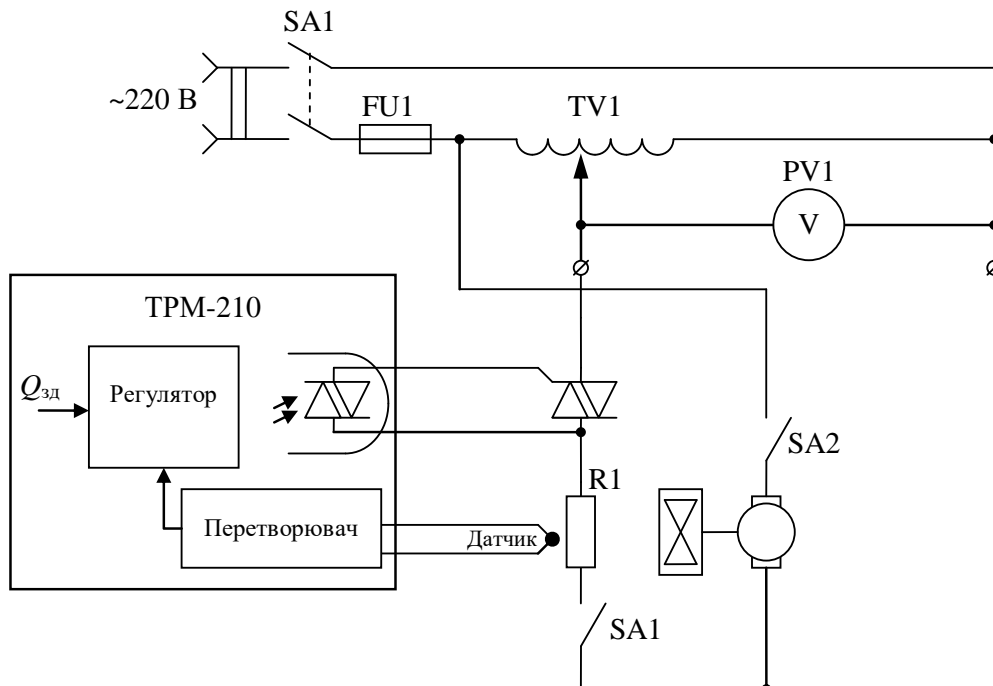
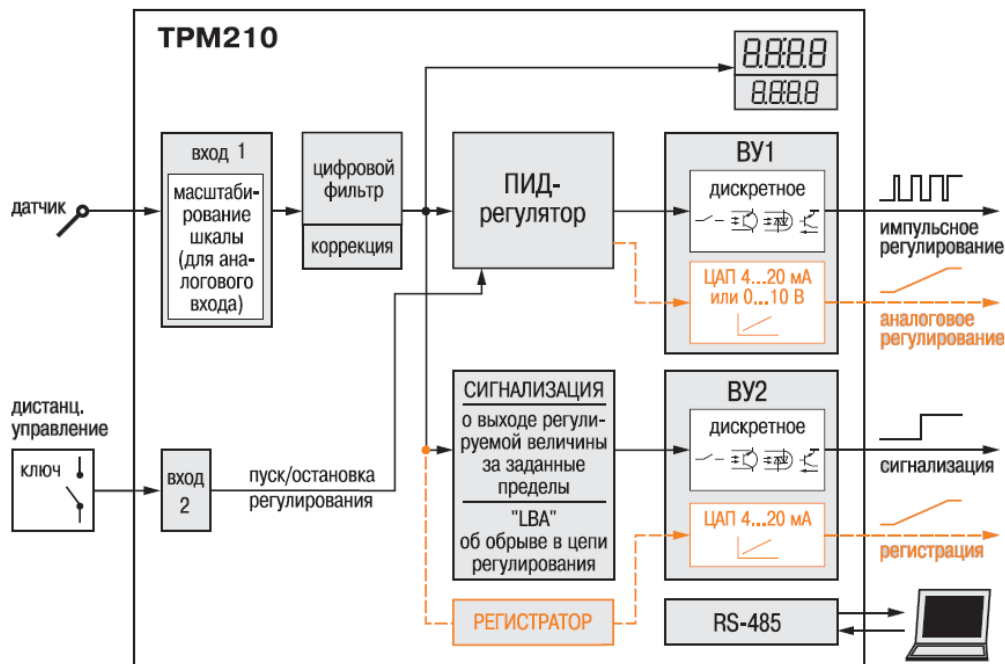


Рисунок 3.7 – Схема досліджуваної САР

3.3.2 Особливості регулятора ТРМ-210

На рисунку 3.8 наведена функціональна схема приладу ТРМ-210



ВУ1, ВУ2 – выходные устройства

Рисунок 3.8 – Функціональна схема приладу ТРМ-210

При роботі регулятора в режимі ПІД-регулятора на виході регулятора формується вихідний сигнал Y , дія якого спрямована на зменшення помилки регулювання E . Формула за якою він розраховується:

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \left(E_i + \tau_d \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{\text{изм}}} + \frac{1}{\tau_i} \sum_{i=1}^n E_i \Delta t_{\text{изм}} \right) 100\%$$

де X_p – полоса пропорційності (програмуємий параметр – P);;
 E_i – різниця між заданими $T_{\text{уст}}$ та значенням вимірної величини T_i ;
 τ_d – постійна часу диференціювання (програмуємий параметр – d);
 ΔE_i – різниця між двома сусідніми значеннями E_i і E_{i-1} ;
 $\Delta t_{\text{изм}}$ – час між двома сусідніми значеннями T_i і T_{i-1} ;
 τ_i – постійна часу інтегрування (програмуємий параметр – I).

Для більш детального знайомства з приладом слід вивчати інструкцію по експлуатації.

3.3.3 Налаштування регулятора

Для роботи ТРМ-210 в режимі П-регулятор, його слід налаштувати. Перелік параметрів ПІД-регулятора наведений у додатку А та Б.

Особливу увагу слід звернути на параметри:

CntL – режим регулювання CntL ;

P – полоса пропорційності P ;

- i – інтегральна постійна ПД-регулятора \bar{c} ;
 d – диференційна постійна ПД-регулятора d ;
 db – зона нечутливості db ;

3.4 Рекомендації до якісної підготовки до лабораторної роботи

До виконання лабораторної роботи слід

засвоїти:

- принцип дії П-регулятора;
- показників якості регулювання;
- стійкість САР з П-регулятором,

розрахувати:

- граничний коефіцієнт підсилення пропорційної складової П-регулятора за результатами лабораторної роботи №1;
- скорректироване значення температури яке дозволить компенсувати статичну помилку регулювання,

підготувати:

- на чернетці таблиці для результатів дослідів.

3.5 Порядок виконання роботи

- 1) Зібрати схему САР температури з П-регулятором (рисунок 3.7).
- 2) Підготувати лабораторний стенд до роботи:
- 3) Налаштувати регулятор (задати температуру стабілізації, коефіцієнт пропорційності, ...).
- 4) Дослідити САР з П-регулятором при двох значеннях полоси пропорційності (при яких значення запасу стійкості по фазі дорівнює 40° та 10°):
 - а) приготувати годинник і таблицю 3.10;
 - б) натиснути кнопку «Старт» і записувати в таблицю значення температури через кожні 15 секунд до виходу на сталий режим;
 - в) ввімкнути вентилятор і продовжувати запис;
 - г) натиснути кнопку «Стоп» та остудити піч;
 - д) змінити коефіцієнт пропорційності P та повторити дослід .
- 5) Дослідити САР з П-регулятором при скорректированому значенні температури яке дозволить компенсувати статичну помилку регулювання (Без збурення).

3.6 Результати експериментів

Таблиця 3.10 – Результати дослідження САР температури з П-регулятором при налаштуванні

Ураб = , $k =$ В/°С

Час t , сек	Без збурення			Зі збуренням		
	0	10	...			
Температура θ , °С						

3.7 Обробка результатів експеримента

1) Побудувати графіки процесів регулювання при різних налаштуваннях регулятора.

2) Визначити показники якості регулювання по отриманих кривих.

Таблиця 3.11 – Залежність показників якості регулювання від налаштування регулятора

Коефіцієнт підсилення	Статична похибка ε_f , °C	Перерегулювання, °C	Час регулювання, хв
K_{MIN}			
K_{MAX}			

3 Скориставшись формулою (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) визначити розрахункові значення статичної похибки і порівняти їх з експериментальними значеннями.

3.8 Висновки по роботі

У висновках варто дати оцінку якості регулювання в системі з П-регулятором, охарактеризувати зв'язок між налаштуванням регулятора і показниками якості регулювання.

3.9 Контрольні питання

- 1 Показники якості регулювання.
- 2 Зв'язок між налаштуванням регулятора і показниками якості регулювання.
- 3 Опис конструкції регулятора і його структурна схема.
- 4 Робота регулятора за принциповою схемою.
- 5 Налаштування регулятора.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ З ПІД-РЕГУЛЯТОРОМ

4.1 Мета роботи

Отримати навички розрахунку параметрів ПІД-регулятора. Ознайомитися з методами оцінки якості регулювання. Оцінити залежність якості регулювання від налаштування регулятора.

4.2 Теоретичні відомості

Робота П-регулятора розглянута в лаб. роботі №2 тому зосередимо увагу на інших складових ПІД принципу регулювання. Слід нагадати, що система з ПІД-регулятором має вигляд (рисунок 4.1), та працює за формулою

$$u(t) = K_{\text{пер}} \cdot \varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(t) dt + T_d \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt}, \quad (4.1)$$

де t – час;

K, T_i, T_d – пропорційний коефіцієнт (безрозмірний), постійна інтегрування (розмірність часу) і постійна диференціювання (розмірність часу) регулятора.

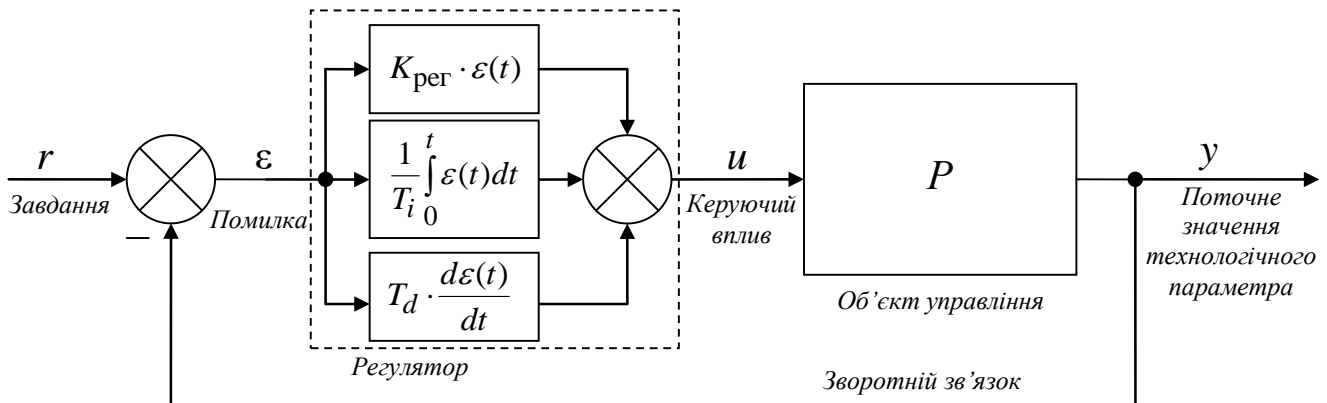


Рисунок 4.1 – ПІД-регулятор у системі зі зворотним зв'язком

В окремому випадку пропорційна, інтегральна або диференціальна компоненти можуть бути відсутні і такі спрощені регулятори називають П, І або ДІ регуляторами.

Поширені також наступні модифікації виразу (5.36):

$$u(t) = K_{\text{пер}} \cdot \left(\varepsilon(t) + \frac{1}{T_i'} \cdot \int_0^t \varepsilon(t) dt + T_d' \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \right), \quad (4.2)$$

$$u(t) = K_{\text{пер}} \cdot \varepsilon(t) + K_i \cdot \int_0^t \varepsilon(t) dt + K_d \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt}. \quad (4.3)$$

Між параметрами виразів (4.1) – (4.3) існує простий зв'язок. Однак відсутність загальноприйнятої системи параметрів часто приводить до плутанини. Це потрібно пам'ятати при заміні одного ПІД-регулятора на іншій.

4.2.2 Розрахунки параметрів

Перед тем, як розраховувати параметри регулятора, необхідно сформулювати мету та критерії якості регулювання, а також обмеження на величини та швидкості зміни змінних у системі. Традиційно основні якісні показники формулюються виходячи з вимог до форми реакції замкненої системи на стрибкоподібну зміну уставки. Однак такий критерій дуже обмежений. Зокрема, він нічого не говорить про величину ослаблення шумів вимірів або впливу зовнішніх збурювань.

Уперше методику розрахунків параметрів ПІД-регулятора запропонували Зіглер і Нікольс в 1942 році [1]. Ця методика дуже проста та дає не дуже гарні результати. Проте, вона дотепер часто використовується на практиці, хоча з тих пор з'явилася безліч більш точних методів.

Після розрахунків параметрів регулятора звичайно потрібно його ручне підстроювання для поліпшення якості регулювання. Для цього використовується ряд правил, добре обґрунтованих теоретично.

Для настроювання ПІД-регуляторів можна використовувати й загальні методи теорії автоматичного керування, такі, як метод призначення полюсів і алгебраїчні методи. У літературі опубліковане й безліч інших методів, які мають переваги в конкретних застосуваннях. Розглянемо лише найпоширеніші з них.

Усі аналітичні (формульні) методи настроювання регуляторів засновані на апроксимації динаміки об'єкта моделлю першого або другого порядку із затримкою. Причиною цього є неможливість аналітичного розв'язку систем рівнянь, яке необхідно при використанні моделей більш високого порядку. Тому в останні роки, у зв'язку з появою потужних контролерів і персональних комп'ютерів, одержали розвиток і поширення чисельні методи оптимізації. Вони є гнучким інструментом для оптимального настроювання параметрів регулятора для моделей будь-якої складності й легко враховують нелінійності об'єкта керування та вимоги до робастості.

4.2.3 Налаштування параметрів регулятора за методом Зіглера-Нікольса

Зіглер і Нікольс запропонували два методи настроювання ПІД-регуляторів [2]. Один з них заснований на параметрах відгуку об'єкта на одиничний стрибок; другий метод заснований на частотних характеристиках об'єкта регулювання.

Таблиця 4.1 – Формули для розрахунків коефіцієнтів регулятора за методом Зіглера-Нікольса

Регулятор	Розрахунки по відгукові на стрибок			Розрахунки по частотних параметрах		
	K	T_i	T_d	K	T_i	T_d
П	$1/a$	-	-	$0,5 / K_{180}$	-	-
ПІ	$0,9/a$	$3L / K$	-	$0,4 / K_{180}$	$0,8T_{180} / K$	-
ПІД	$1,2/a$	$0,9L / K$	$0,5L / K$	$0,6 / K_{180}$	$0,5T_{180} / K$	$0,125T_{180} / K$

Примітка. Система позначень параметрів регулятора й формули відповідає рівнянню (5.36).

Для розрахунків параметрів ПІД-регулятора по першому методу Зіглера-Нікольса використовуються всього два параметри: a і L (рисунок __). Формули для розрахунків коефіцієнтів ПІД-регулятора зведені до таблиці __.

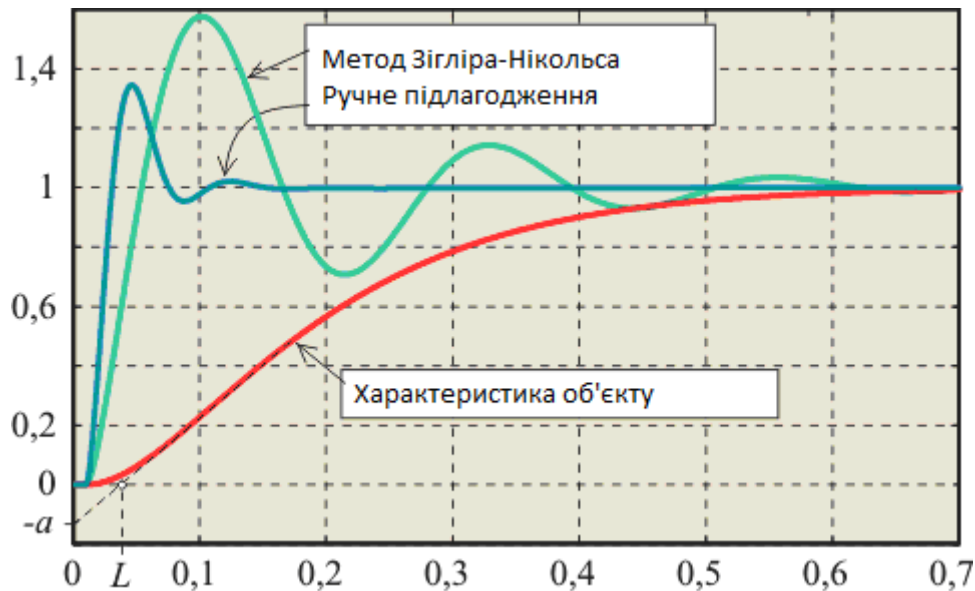


Рисунок 4.2 – Перехідна характеристика об'єкта регулювання та реакція системи з ПД-регулятором, що налаштований за методом Зіглера-Нікольса, на $1(t)$ для об'єкта другого порядку із затримкою: $T_1=T_2=0,1\text{с}$, $L=0,01\text{с}$

Для прикладу на рисунку 4.2 наведений відгук на одиничний стрибок системи з об'єктом другого порядку та ПД-регулятором, що налаштован за таблицею 4.1 і перехідна характеристика самого об'єкта регулювання. З характеристики об'єкта отримані значення $a=0,135$ і $L=0,035\text{с}$. За таблицею 4.1 для цих значень a і L можна знайти коефіцієнти ПД-регулятора: $K=8,9$, $T_i=0,00796\text{с}$, $T_d=0,156\text{с}$. На рисунку 4.2 наведений також відгук на одиничний стрибок тієї ж системи при параметрах $K=15$, $T_i=0,013\text{с}$, $T_d=0,525\text{с}$ отриманих шляхом ручного підстроювання. Як бачимо, метод Зіглера-Нікольса дає параметри, далекі від оптимальних. Це пояснюється не тільки спрощеністю самого методу (він використовує тільки 2 параметра для опису об'єкта), але й тим, що параметри регулятора в цьому методі визначалися Зіглером і Нікольсом виходячи з вимоги до декременту загасання, рівному 4, що й дає повільне загасання процесу коливань.

Метод Зіглера-Нікольса ніяк не враховує вимоги до запасу стійкості системи, що є другим його недоліком. Судячи з повільного загасання перехідного процесу в системі, цей метод дає занадто малий запас стійкості.

4.2.4 Метод CHR

На відміну від Зіглера й Нікольса, які використовували в якості критерію якості настроювання декремент загасання, рівний 4, Chien, Hrones і Reswick (CHR) [3] використовували критерій максимальної швидкості наростання при відсутності перерегулювання або при наявності не більш ніж 20%-ного перерегулювання. Такий критерій дозволяє одержати більший запас стійкості, ніж за методом Зіглера-Нікольса.

CHR метод дає дві різні системи параметрів регулятора. Одна з них отримана при спостереженні відгуку на зміну уставки (таблиця 4.2), друга - при спостереженні відгуку на зовнішні збурювання (таблиця 4.3). Яку систему параметрів вибирати - залежить від того, що важливіше для конкретного регулятора: якість регулювання

при зміні уставки, або ослаблення зовнішніх впливів. Якщо ж важливо й те, і інше, то необхідно використовувати регулятори із двома ступенями свободи (дивись [1] розділ 5.3.3).

Метод CHR використовує апроксимацію об'єкта моделлю першого порядку із затримкою.

Таблиця 4.2 – Формули для розрахунків коефіцієнтів регулятора по методу CHR, по відгукові на зміну уставки

Регулятор	Без перерегулювання			З 20%-ним перерегулюванням		
	K	T_i	T_d	K	T_i	T_d
П	$0,3/a$	-	-	$0,7/a$	-	-
ПІ	$0,35/a$	$1,2L/K$	-	$0,6/a$	$1,0L/K$	-
ПІД	$0,6/a$	$1,0L/K$	$0,5L/K$	$0,95/a$	$1,4L/K$	$0,47L/K$

Примітка. Система позначень параметрів регулятора й формули відповідає рівнянню (5.36).

Таблиця 4.3 – Формули для розрахунків коефіцієнтів регулятора по методу CHR, по відгукові на зовнішні збурювання

Регулятор	Без перерегулювання			З 20%-ним перерегулюванням		
	K	T_i	T_d	K	T_i	T_d
П	$0,3/a$	-	-	$0,7/a$	-	-
ПІ	$0,6/a$	$4L/K$	-	$0,7/a$	$2,3L/K$	-
ПІД	$0,95/a$	$2,4L/K$	$0,42L/K$	$1,2/a$	$2,0L/K$	$0,42L/K$

Примітка. Система позначень параметрів регулятора й формули відповідає рівнянню (5.36).

У методі CHR використовуються ті ж вихідні параметри a і L , що й у методі Зіглера-Нікольса.

4.2.5 Ручне доналаштування, засноване на правилах

Розрахунки параметрів по формулах не може дати оптимального настроювання регулятора, оскільки аналітично отримані результати ґрунтуються на сильно спрощених моделях об'єкта. Зокрема, у них не враховується завжди присутня нелінійність типу "обмеження" для керуючого впливу. Крім того, моделі використовують параметри, ідентифіковані з деякою похибкою. Тому після розрахунків параметрів регулятора бажановиконати доналагодження. Його можна виконати на основі правил, які використовуються для ручного налагодження. Ці правила отримані з досвіду, теоретичного аналізу та чисельних експериментів. Вони зводяться до наступного:

- збільшення пропорційного коефіцієнта збільшує швидкодню й знижує запас стійкості;

- зі зменшенням інтегральної складової помилка регулювання із часом зменшується швидше;

- зменшення постійної інтегрування зменшує запас стійкості;

- збільшення диференціальної складової збільшує запас стійкості та швидкодню.

Перераховані правила застосовуються також для регуляторів, що використовують методи експертних систем і нечіткої логіки.

Відзначимо, що застосування правил можливо тільки після попереднього настроювання регулятора по формулах. Спроби настроїти регулятор без початкового наближеного розрахунків коефіцієнтів можуть бути безуспішними. Сформульовані вище правила слухні тільки в околиці оптимального настроювання регулятора.

4.3 Підготовка до лабораторної роботи

До виконання лабораторної роботи слід засвоїти:

- принцип дії ПД-регулятора;
- показників якості регулювання;
- методи розрахунку параметрів ПД-регулятора;

розрахувати:

- коефіцієнти P , i , d ПД-регулятора за методами Зиглера-Никольса та CHR з урахуванням результатів лабораторної роботи №1.

4.4 Стенд №1

4.4.1 Опис експериментальної установки

Схема досліджуваної системи регулювання з ПД-регулятором зображена на рисунку 4.3.

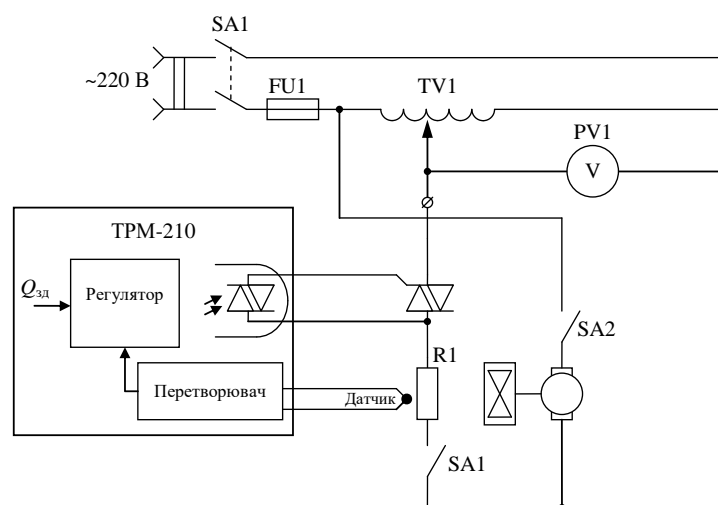


Рисунок 4.3 – Схема досліджуваної САР

Для роботи пристрою ТРМ-210 в режимі ПД-регулятора його слід налаштувати відповідним образом.

4.4.2 Порядок виконання роботи

1). Підготувати стенд до роботи:

- а) Зібрати схему САР для дослідження показників якості регулювання ПД-регулятора (рисунок 4.3).
- б) Після перевірки схеми викладачем, ввімкнути живлення стенду.
- в) Налаштувати прилад ТРМ-210 на роботу в режимі ПД-регулятора та задати параметри регулятора, що були заздалегідь розраховані

(температуру стабілізації 70°C та коефіцієнти пропорційної, інтегральної та диференціальної).

- г) Підготувати секундомір та таблицю 4.4.
- 2) Дослідити роботу САР з заздалегідь розрахованими параметрами:
 - а) Натиснути кнопку «Пуск» і записати в таблицю м значення температури через кожні 15 секунд до закінчення перехідного процесу. Після завершення дослідження кнопку S3 "Стоп" не включати;
 - б) ввімкнути вентилятор вимикачем SA2 і записувати в таблицю 2.2 значення температури як у попередньому досліді.
 - в) після дослідження натиснути кнопку «Стоп» та охолодити піч.
- 3) Дослідити роботу САР зі зміненими параметрами:
 - а) з урахуванням рекомендацій по ручного доналагоджування, змінити параметри ПІД-регулятора задля покращення якості перехідного процесу,
 - б) повторити дослідження пункту 2 зі зміненими параметрами.

4.5 Стенд №2

4.5.1 Опис експериментальної установки

Схема досліджуваної системи регулювання з ПД-регулятором зображена на рисунку 4.3.

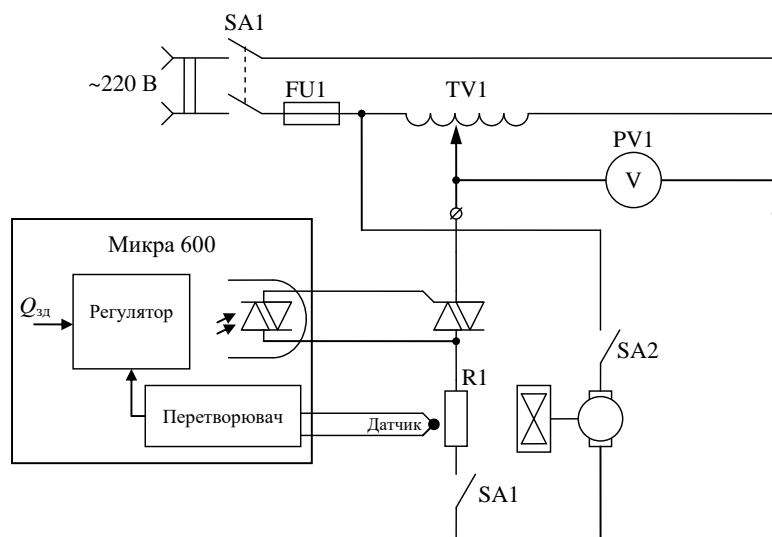


Рисунок 4.4 – Схема досліджуваної САР

Для роботи пристрою Микра 600 в режимі ПД-регулятора його слід налаштувати відповідним образом.

4.5.2 Порядок виконання роботи

- 1) Підготувати стенд до роботи:
 - а) Зібрати схему САР для дослідження показників якості регулювання ПД-регулятора (рисунком 4.3).
 - б) Після перевірки схеми викладачем, ввімкнути живлення стенду.
 - в) Налаштувати прилад Микра 600 на роботу в режимі ПД-регулятора та задати параметри регулятора, що були заздалегідь розраховані (температуру стабілізації 100°C та коефіцієнти пропорційної, інтегральної та диференціальної).
 - г) Підготувати секундомір та таблицю 4.4.
- 2) Дослідити роботу САР з заздалегідь розрахованими параметрами:
 - а) Натиснути кнопку «Пуск» і записати в таблицю м значення температури через кожні 15 секунд до закінчення перехідного процесу. Після завершення дослідження кнопку S3 "Стоп" не включати;
 - б) ввімкнути вентилятор вимикачем SA2 і записувати в таблицю 4.4 значення температури як у попередньому досліді.
 - в) після дослідження натиснути кнопку «Стоп» та охолодити піч.
- 3) Дослідити роботу САР зі зміненими параметрами:
 - а) з урахуванням рекомендацій по ручного доналагоджування, змінити параметри ПД-регулятора задля покращення якості перехідного процесу,
 - б) повторити дослідження пункту 2 зі зміненими параметрами.

4.6 Результати експериментів

Результати експериментів представити у вигляді таблиці подібних до таблиці 4.4. Слід мати на увазі, що під час вимірів буде отримано велика кількість крапок.

Таблиця 4.4 – Результати експериментів по дослідженню САР з позиційним регулятором

	Без збурювання					
Час t , сек	0	1	3	4	6
Температура θ , °C						
	Зі збуренням					
Час t , сек	0	1	3	4	6
Температура θ , °C						

4.7 Обробка результатів експериментів

1. Побудувати криві знятих перехідних процесів.

4.8 Висновки по роботі

У висновках варто висвітлити наступні питання:

а) залежність показників якості перехідного процесу від коефіцієнтів ПІД-регулятора;

б) охарактеризувати методи розрахунку коефіцієнтів ПІД-регулятора.

4.9 Контрольні питання

1. Динамічні властивості об'єктів і вибір типу регулятора.

2. Методи розрахунку коефіцієнтів ПІД-регулятора.

3. Показників якості перехідного процесу.

4. Робота ПІД-регулятора.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 НАЛАШТУВАННЯ ПАНЕЛІ ОПЕРАТОРА ИП320 ДЛЯ ВЗАЄМОДІЇ З ПІД-РЕГУЛЯТОРОМ ТРМ210

5.1 Мета роботи

Отримати навички програмування панелі оператора на прикладі ИП320.

5.2 Теоретичні відомості

Конфігурування панелі оператора здійснюється на ПК за допомогою програми «Конфігуратор ИП320», яка надається в комплекті з приладом на компактдиске. Програма зручна у використанні і доступна в навчанні.

Конфігуратор ИП320 призначений для створення, редагування і збереження користувальницьких екранів, які будуть відображатися на дисплеї приладу. Кожен екран містить набір базових елементів для завдання функцій панелі.

Програма дозволяє вводити літери і символи (російські чи англійські), динамічний текст, різноманітні графічні зображення, задавати параметри для читання і редагування, індикатори стану процесу, графіки, лінійки, елементи перемикання екранів і т.п.

Сукупність екранів утворює проект, який можна завантажити панель або зберегти у вигляді файла на жорсткому диску комп'ютера.

Послідовність роботи наступна:

- створити проект в якому налагодити роботи панелі в режими головного (master) чи відомий (slave) пристрою (рисунок 5.1);

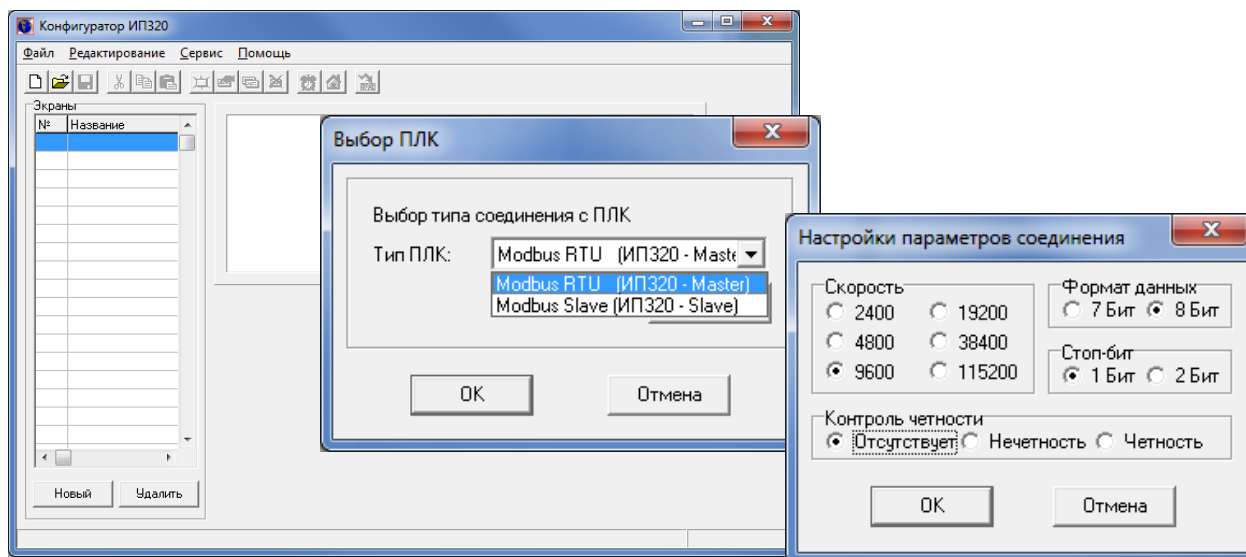


Рисунок 5.1 – Вікно створення та налаштування проекту

- створити декілька екранів на котрі розмістити потрібні елементи (рисунок 5.2-5.6);

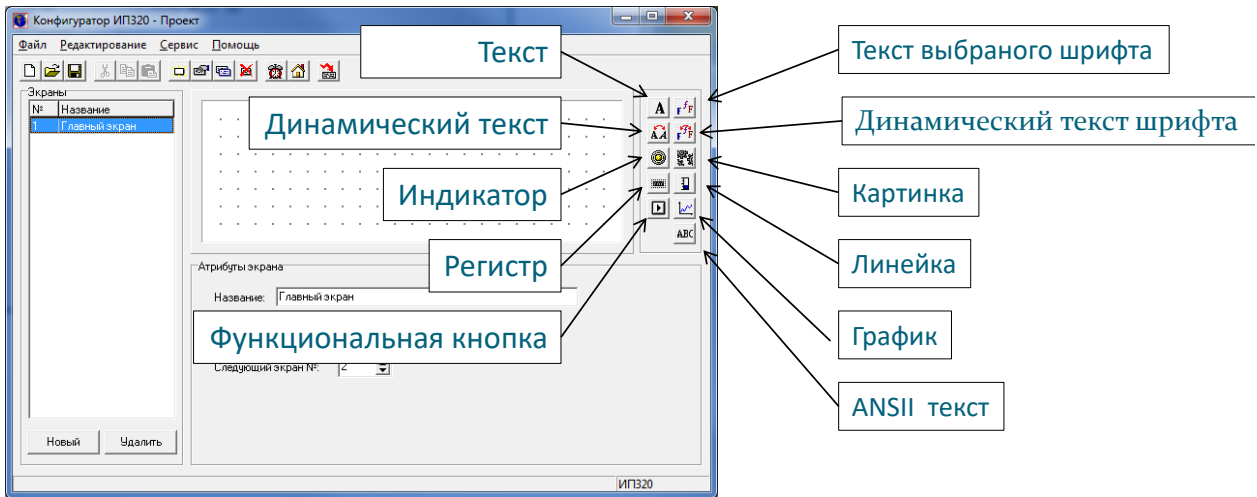


Рисунок 5.2 – Основні функціональні елементи

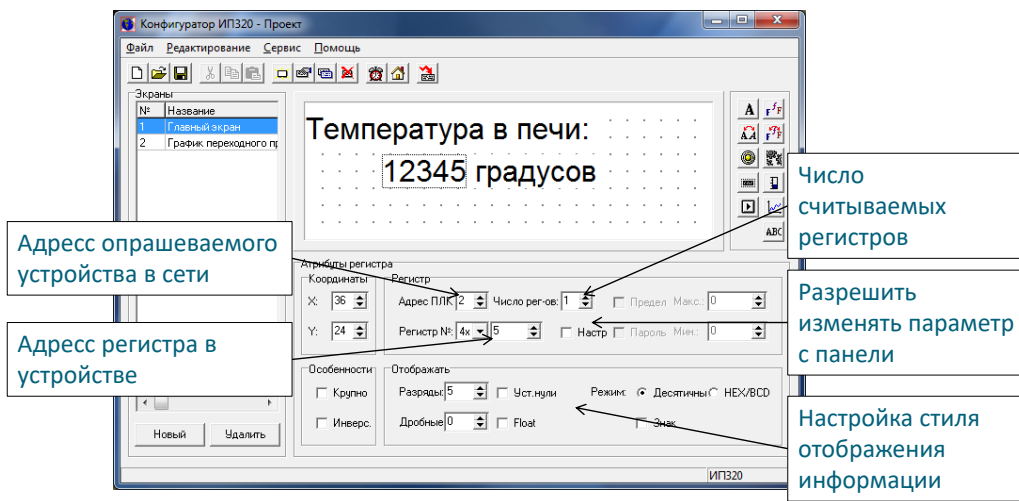


Рисунок 5.3 – Налаштування реєстру для зв'язку з пристроєм за адресою 2

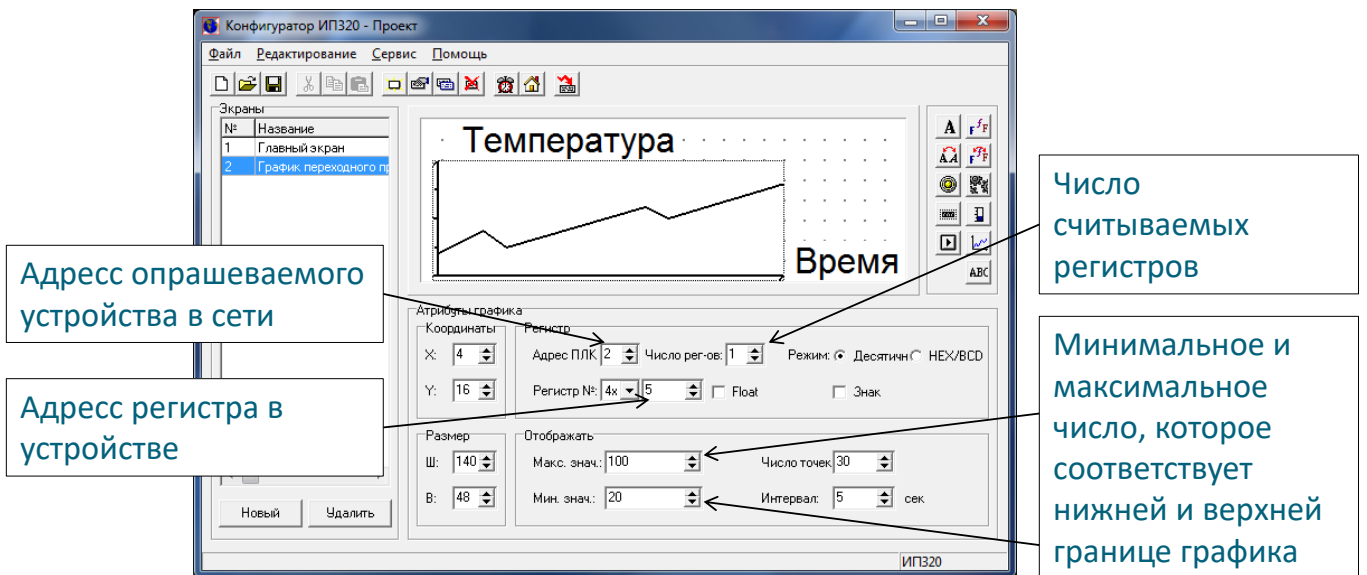


Рисунок 5.4 – Налаштування графіка для побудови зміни параметра «5» пристрою за адресою «2»

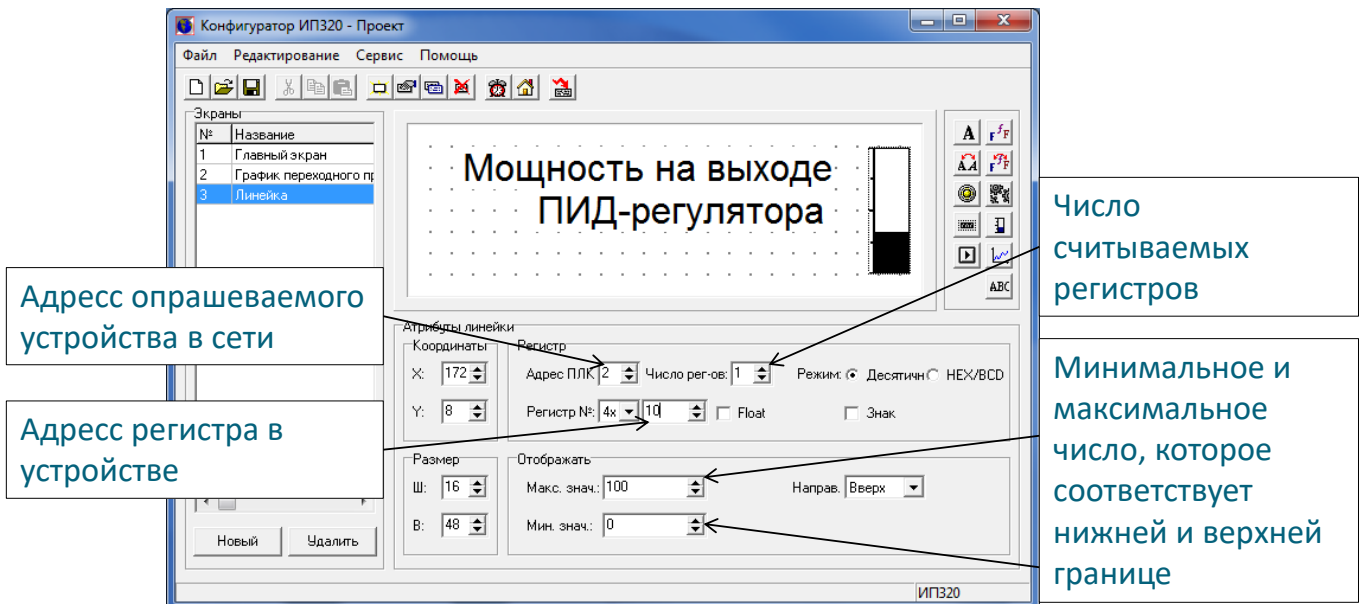


Рисунок 5.5 – Налаштування поля лінійки для наглядного відображення зміни параметра «5» пристрою за адресою «2»

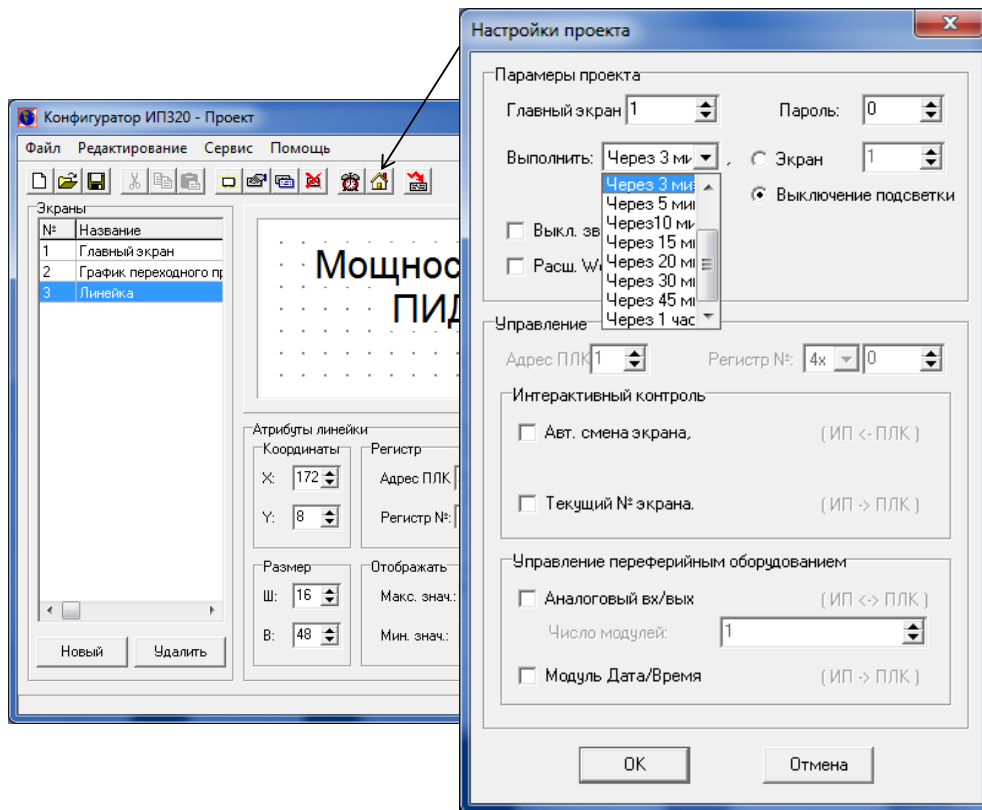


Рисунок 5.6 – Вікно налаштування проекту

- після проект слід зберегти на диску ПК та завантажити до панелі (рисунок 5.7).

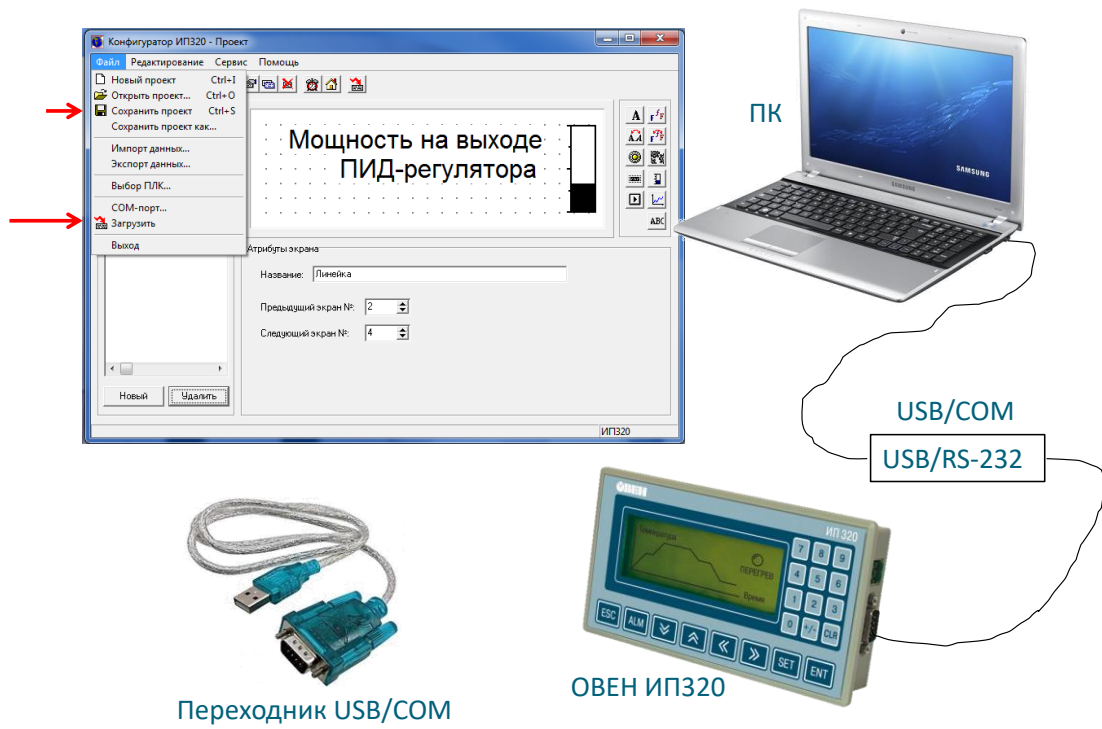


Рисунок 5.7 – Завантаження проекту до панелі ИП320

5.3 Опис установки

Завданням даної лабораторної роботи є налагодження взаємодії панелі оператора ИП320 з ПІД-регулятором ТРМ210. Структурна схема системи наведена на рисунку 5.8.

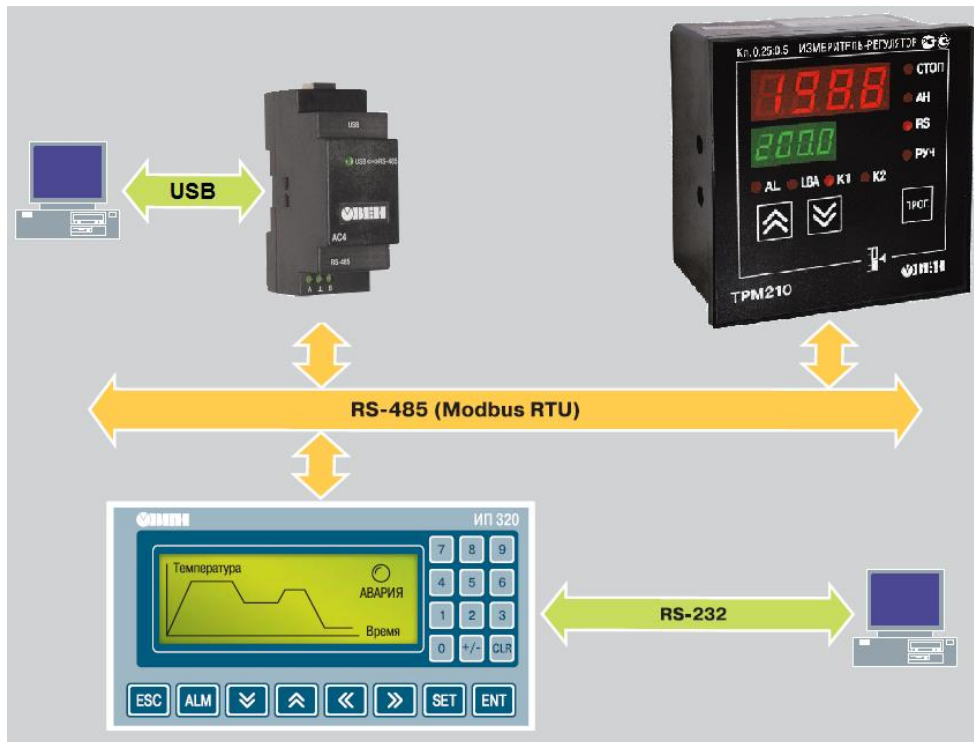


Рисунок 5.8 – Структурна схема системи, що налаштовується

ИП320 програмується через RS-232 за допомогою конфігуратора. ПК підключається до панелі через перехідник USB/RS-232, тому для його роботи слід встановити відповідні драйвери.

TRM210 налаштовується за допомогою конфігуратора TRM210, що слід встановити на ПК. ПК підключений до шини RS-485 за допомогою перехідника USB/RS-485 OVEN AC4. Для його роботи також слід встановити драйвер.

5.4 Порядок виконання роботи

1. Налаштувати TRM210 з використанням ПК.

Для цього слід попередньо на ПК встановити:

- драйвер для перехідника USB/RS-485 OVEN AC4,
- конфігуратор TRM2xx.

Слід мати на увазі, що під час конфігурування TRM210 з ПК, панель оператора ИП320 повинна бути в режимі відомий (slave) або бути вимкненою. Через те що в мережі RS-485 повинен бути лише один головний (master).

Для TRM210 слід налаштувати параметри інтерфейсу RS-485: протокол, швидкість, адресу та параметри зовнішнього керування.

2. Створити проект для ИП320 в конфігураторі.

Для цього слід попередньо на ПК встановити:

- драйвер для перехідника USB/RS-232,
- конфігуратор ИП320.

3. В проекті слід передбачити:

- відображення параметрів: температура, уставка, коефіцієнти ПІД-регулятора,
- побудову графіка зміни температури,
- індикатор потужності на виході ПІД-регулятора,
- налаштування коефіцієнти ПІД-регулятора.

Усі екрани повинні бути добре коментовані.

5.5 Висновки по роботі

У висновках варто висвітлити зручність використання панелі оператора для керування TRM210;

5.6 Контрольні питання

1. Протокол передачі даних ModBus RTU.
2. Типи даних, що доступні у другорядних пристроїв за ModBus RTU.
3. Послідовність дій для налаштування панелі оператора ИП320.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6
ПРОГРАМУВАННЯ PLC У СЕРЕДОВИЩІ CODESYS
НА МОВІ РЕЛЕЙНИХ СХЕМ «LADDER DIAGRAM».
РОБОТА З ДИСКРЕТНИМИ ВХОДАМИ ТА ВИХОДАМИ

6.1 Мета роботи

Ознайомитися з середовищем програмування CoDeSys. Написати найпростішу програму на мові релейних схем «Ladder Diagram» для OWEN ПЛК-63.

6.2 Теоретичні відомості

Графічна мова релейної логіки Ladder Diagram (LD) вперше з'явилася у вигляді електричних схем, які склалися з контактів і обмоток електромагнітних реле (рисунок 6.1). Такі схеми використовувалися в автоматичці до ери мікропроцесорів. мова релейної логіки була інтуїтивно зрозумілою людям, знайомим з електротехнікою, тому ця мова виявилася найпоширенішою у промисловій автоматичці. Обслуговуючий персонал легко знаходив відмову в устаткуванні, прослідковуючи шлях сигналу по релейній діаграмі.

Однак мова LD проблематично використовувати для реалізації складних алгоритмів, оскільки він не підтримує підпрограми, функції, інкапсуляцію* і інші засоби структурування програм з метою підвищення якості програмування. Ці недоліки затрудняють багаторазове використання програмних компонентів, що робить програму довгою та складною для обслуговування.

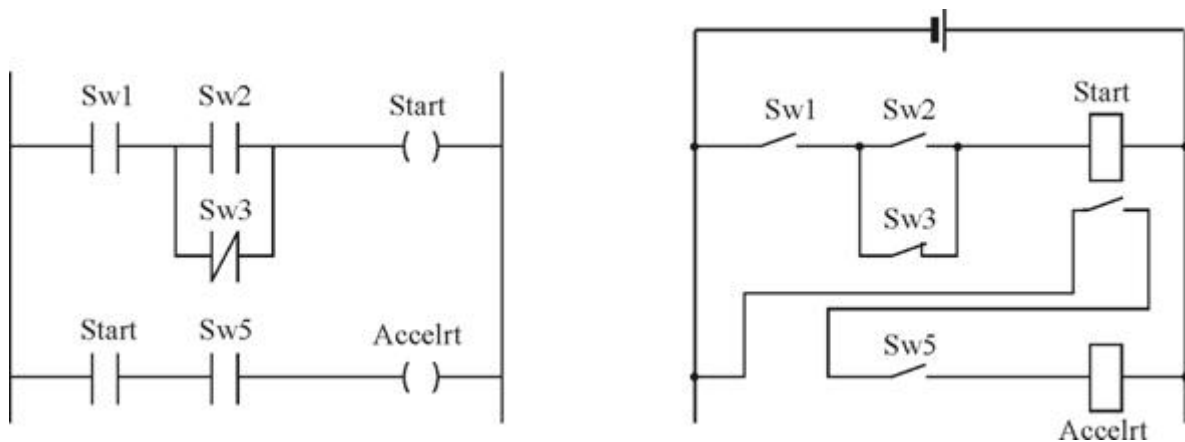


Рисунок 6.1 – Приклад програми мовою LD (ліворуч) і її еквівалент у вигляді електричного кола з реле та вимикачами (праворуч)

Для виконання арифметичних функцій у мову LD були додані функціональні блоки, які виконували операції додавання, множення, обчислення середнього і т.д. Складні обчислення в цій мові неможливі. Недоліком є також те, що тільки невелика частина програми вміщається на моніторі комп'ютера або панелі оператора при програмуванні.

Незважаючи на зазначені недоліки, мова LD відноситься до найпоширеніших у світі, хоча використовується для програмування лише простих задач.

6.3 Опис експериментальної установки

На рисунку 6.2 наведений зовнішній вигляд стенду.

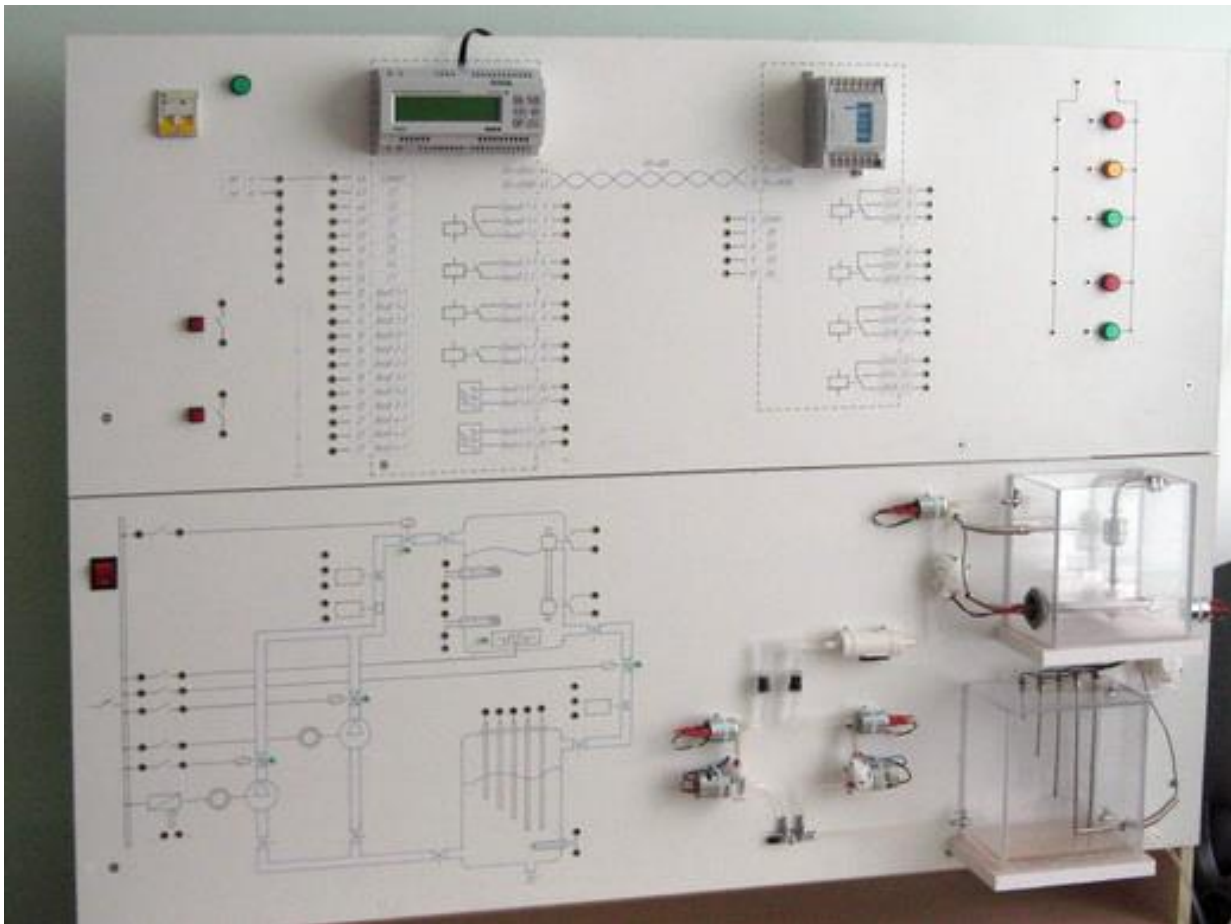


Рисунок 6.2 – Зовнішній вигляд стенду

Стенд складається з ПЛК типу «ПЛК 63» модуля вводу-виводу

6.4 Порядок виконання роботи

1) Встановити CoDeSys 2.3. Встановити target файл для ПЛК PLC63-M. (При необхідності дивись відео на сайті owen.ua).

2) Створити проект. В якому створити програму на мові CFC. Налаштувати час циклу ПЛК. Налаштувати дискретні входи та виходи. В програмі CFC вставити входи, виходи та елемент перетворення типу даних (див. рис. 6.3).

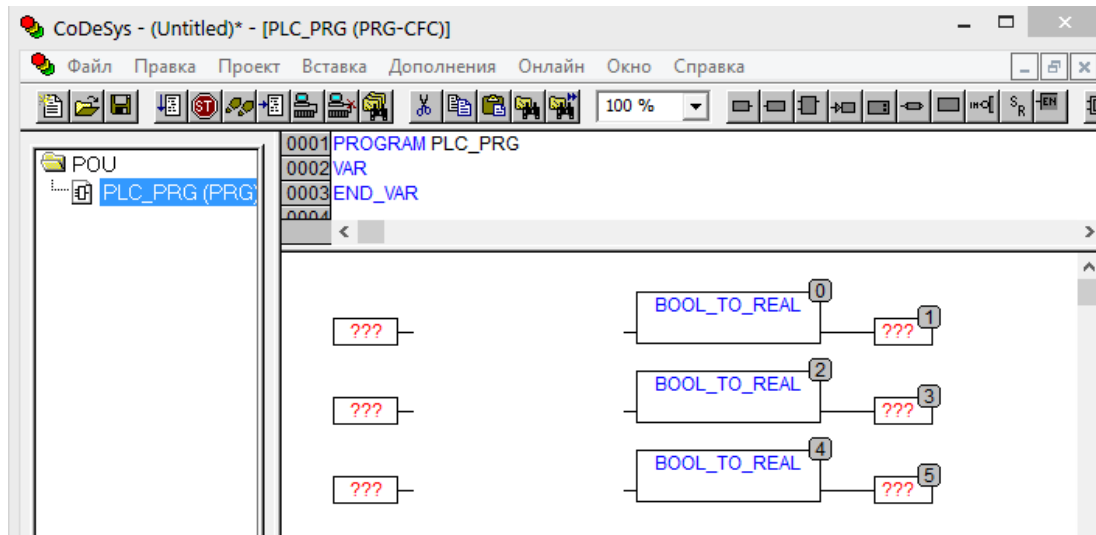


Рисунок 6.3 – Зовнішній вигляд стенду

- 3) Додати функціональний блок на мові LD.
- 4) Створити блок згідно варіанту (таблиця 6.1).

Таблиця 6.1 – Варіанти

Варіант	Завдання
1	Створити проект для пуску двигуна у якому передбачити: - входи ПЛК: кнопки старт(1), стоп(2) та реверс(3), - виходи ПЛК: двигун(1).
2	Створити проект керування деяким станком у якому передбачити: - входи ПЛК: кнопки старт (що включає все одразу), стоп освітлення, стоп вентиляція, стоп двигун станка; - виходи ПЛК: освітлення, вентиляція, двигун станка
3	Створити проект управління освітленням в коридорі у якому передбачити: - входи ПЛК: датчик руху (1), - виходи ПЛК: освітлення чергове (1), освітлення яскраве (2). Вимикати яскраве освітлення через 4с після відключення датчика руху.
4	Створити проект для пуску двигуна з переключенням обмоток зірка трикутник у якому передбачити: - входи ПЛК: кнопки старт(1), стоп (2) та реверс (3), - виходи ПЛК: магнітний пускач двигуна (1), магнітний пускач зірка/трикутник (2). При розробці проекту слід використовувати блок T_ON, що створює затримку в часі (дивись «справка» CoDeSys).
5	Створити проект управління освітленням в коридорі у якому

	<p>передбачити:</p> <ul style="list-style-type: none"> - входи ПЛК: датчик руху (1), датчик руху (2), датчик руху (3) - виходи ПЛК: освітлення чергове (1), освітлення яскраве (2). <p>Вимикати яскраве освітлення через 7с після відключення датчиків руху.</p>
6	<p>Створити проект управління погрузними насосом у якому передбачити:</p> <ul style="list-style-type: none"> - входи ПЛК: верхній датчик рівня рідини (1), нижній датчик рівня рідини (2), датчик аварійного рівня рідини (3) - виходи ПЛК: насос (1), лампа індексації аварії (2). <p>Логіка роботи наступна. При спрацювання верхнього датчика рідина відкачується поки не спрацює нижній датчик. При спрацюванні датчик аварійного рівня рідини запалюється лампа індексації аварії.</p>
7	<p>Створити проект управління насосом, що накачує воду в бак у якому передбачити:</p> <ul style="list-style-type: none"> - входи ПЛК: три датчики рівня води (1), (2), (3) - виходи ПЛК: насос (1), насос (2). <p>Логіка роботи наступна. При рівні води 1-2 працюють два насоса. При досягненні води другого датчика, остається працювати лише один насос. При досягненні води третього датчика насоси відключаються.</p>
8	<p>Створити проект управління освітленням довгого коридору у якому передбачити:</p> <ul style="list-style-type: none"> - входи ПЛК: датчик руху (1), датчик руху (2), датчик руху (3) - виходи ПЛК: освітлення першої частини коридору (1), другої (2), третьої (3). <p>Логіка роботи наступна. Коли людина знаходиться в деякій частині коридору світло горить у найближчих частинах.</p>
9	<p>Створити проект для пуску одного з двох двигунів у якому передбачити:</p> <ul style="list-style-type: none"> - входи ПЛК: кнопки старт(1), стоп(2) та датчик руху вала двигуна(3), - виходи ПЛК: двигун(1), двигун (2). <p>Логіка роботи наступна. По натисканню кнопки пуск двигун стартує. Якщо при цьому датчик руху вала двигуна не замикається тоді включити резервний двигун. Кнопка стоп виключає обидва двигуни.</p>
0	<p>Створити проект для управління простим світлофором у якому передбачити:</p> <ul style="list-style-type: none"> - входи ПЛК: кнопки старт(1), - виходи ПЛК: червона лампа (1), жовта лампа (2), зелена лампа (3). <p>При розробці проекту слід використовувати блок T_ON, що створює</p>

затримку в часі (дивись «справка» CoDeSys).

- 5) Створити візуалізацію для проекту.
- 6) Тестувати роботу проекту у візуалізації.
- 7) Після згоди викладач запрограмувати ПЛК.

6.5 Результати експериментів

За результатами лабораторної роботи в звіті навести:

- схему функціонального блока на мові «Ladder Diagram» в проекті CoDeSys;
- скриншоти візуалізації при тестуванні проекту.

6.6 Висновки по роботі

У висновках варто висвітлити наступні питання:

- а) надати оцінку зручності програмування на мові релейних схем;
- б) оцінити можливості CoDeSys по візуалізації.

6.7 Контрольні питання

1. Елементи мови «Ladder Diagram».
2. Налаштування дискретних входів в проекті CoDeSys.
3. Налаштування циклу ПЛК в проекті CoDeSys.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

ПРОГРАМУВАННЯ PLC У СЕРЕДОВИЩІ CODESYS

НА МОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ «CONTINUOUS FLOW CHART».

РОБОТА З ДИСКРЕТНИМИ ВХОДАМИ ТА ВИХОДАМИ

7.1 Мета роботи

Написати найпростішу програму на мові «Continuous Flow Chart» для OWEN ПЛК-63.

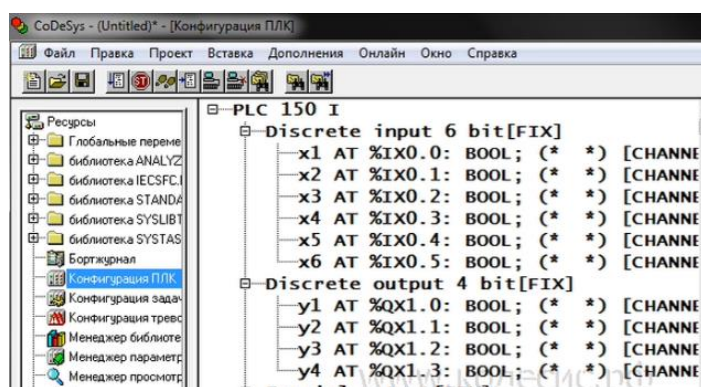
7.2 Теоретичні відомості

Мова Continuous Flow Chart (CFC) – високорівнева мова візуального програмування. По суті, CFC – це подальше розвитку мови FBD. Ця мова була спеціально створений для проектування систем керування неперервними технологічними процесами.

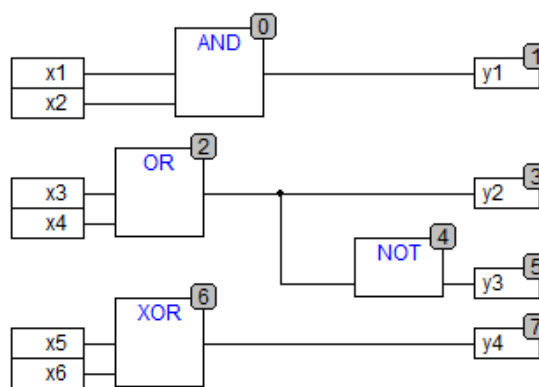
Проектування зводиться до вибору з бібліотек готових функціональних блоків, їх позиціонування на екрані, встановлення з'єднань між входами і виходами, а також налаштування параметрів обраних блоків. На відміну від FBD, функціональні блоки мови CFC виконують не тільки прості математичні операції, а орієнтовані на управління цілими технологічними одиницями. Так у типовій бібліотеці CFC блоків знаходяться комплексні функціональні блоки, що реалізують управління клапанами, двигунами, насосами; блоки, генеруючі аварійні сигналізації; блоки PID-регулювання і т.д. Разом з тим доступні і стандартні блоки FBD. Успадкувавши від FBD саму концепцію програмування, мова CFC найбільшою мірою орієнтований на сам технологічний процес, дозволяючи розробнику абстрагуватися від складного математичного апарату.

CFC простий в освоєнні і при цьому дозволяє розробляти складні алгоритми автоматизованого керування без яких-небудь специфічних знань інших мов програмування.

На рисунку 7.1,б наведені блоки логічних операцій, які виконують операції з налаштованими входами та виходами ПЛК логічного типу BOOL (рисунку 7.1,а).



а)



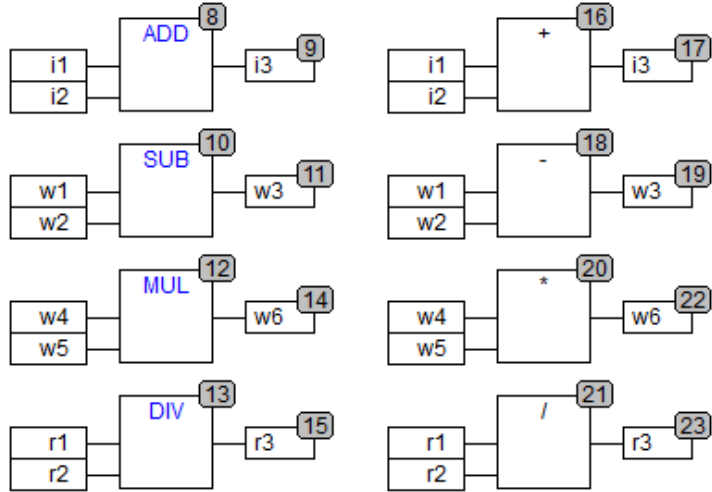
б)

Рисунок 7.1

На рисунку 7.2 наведені блоки арифметичних операцій, що можуть виконуватись зі змінними цілого та речовинного типів (INT, REAL).

```

0001 PROGRAM sss
0002 VAR
0003   i1,i2,i3: INT;
0004   w1,w2,w3,w4,w5,w6: WORD;
0005   r1,r2,r3: REAL;
0006
0007 END_VAR
    
```



a)

б)

в)

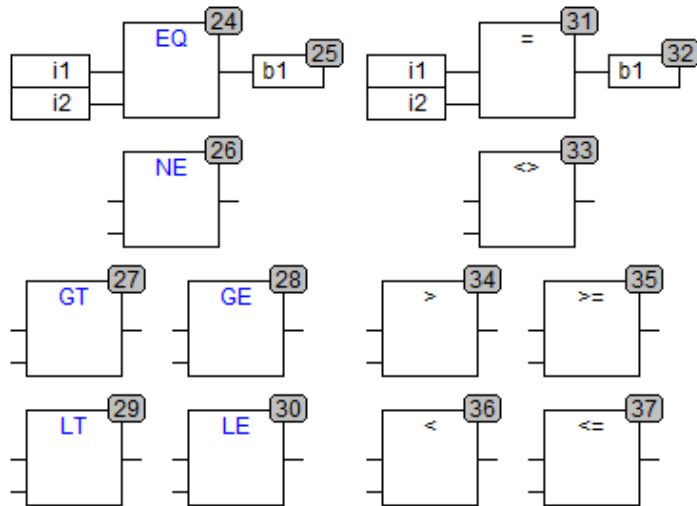
Рисунок 7.2

На рисунку 7.3 наведені блоки порівняння значень змінних.

На рисунку 7.4 наведені блоки визначення мінімального і максимального (MIN MAX), обмеження значення (LIMIT), вибору за логічною та цілою змінною (SEL та MUX).

```

0001 PROGRAM sss
0002 VAR
0003   i1,i2,i3: INT;
0004   w1,w2,w3,w4,w5,w6: WORD;
0005   r1,r2,r3: REAL;
0006   b1: BOOL;
0007 END_VAR
    
```



a)

б)

в)

Рисунок 7.3

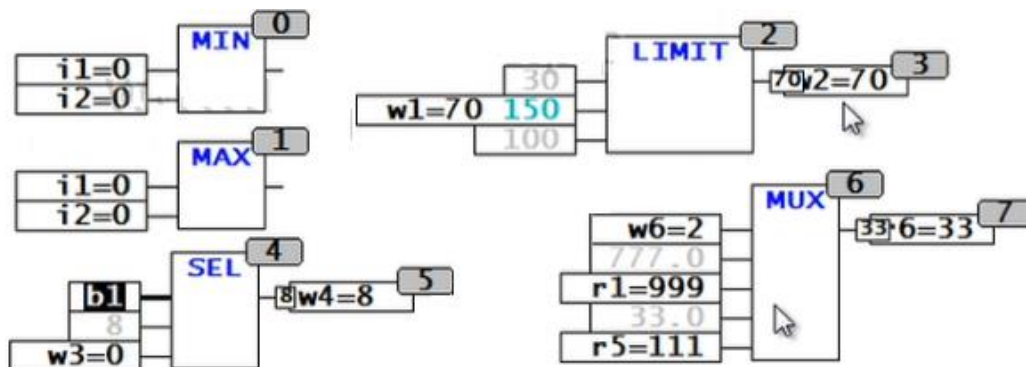


Рисунок 7.4

За необхідністю блокам можуть встановлюватись інверсія входів чи виходів, а також додаватися входи дозволяння роботи (рисунок 7.5).

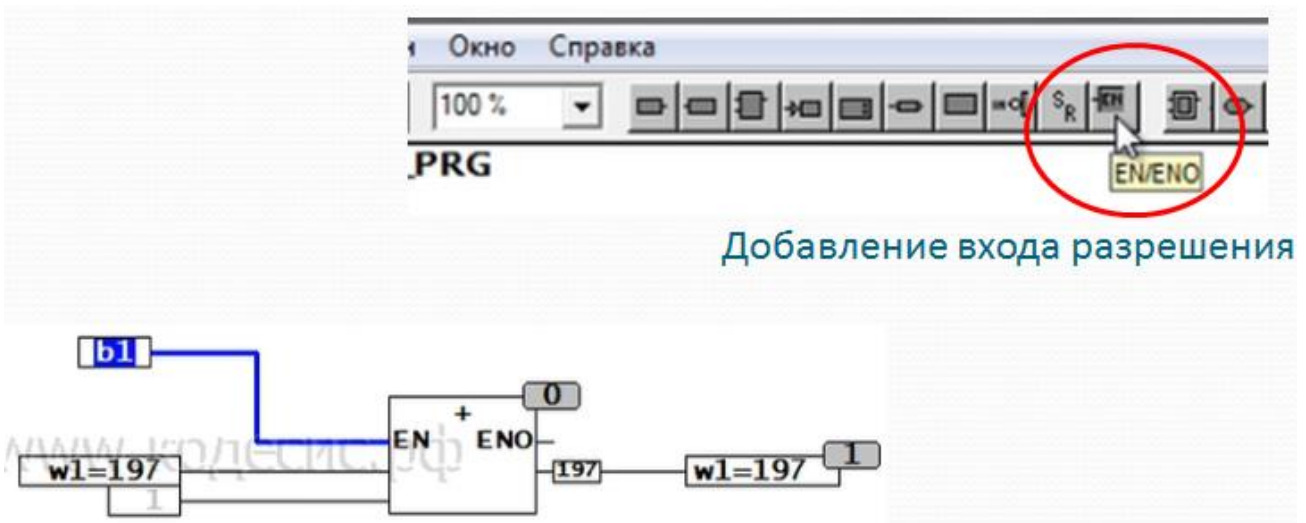


Рисунок 7.5

Основні функціональні блоки модуля Standart.lib

Детектори фронтів імпульсів

R_TRIG – генерує імпульс по передньому фронті вхідного сигналу.

F_TRIG – генерує імпульс по задньому фронті вхідного сигналу (рисунок 7.6).

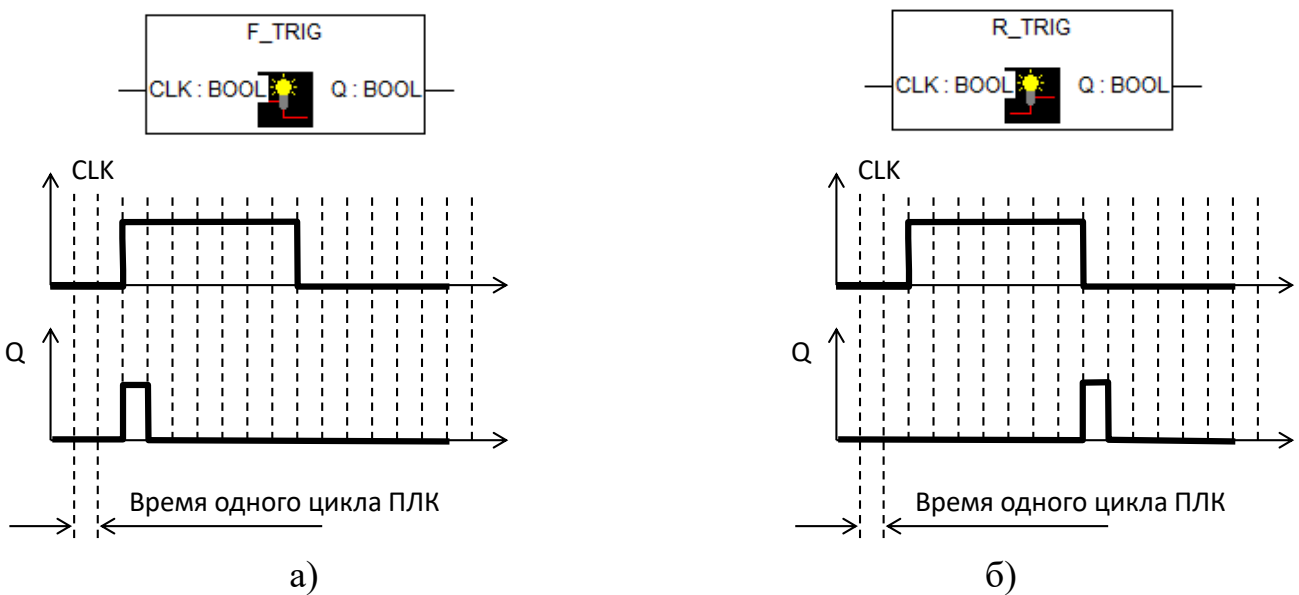


Рисунок 7.6 – Детектори фронтів імпульсів

Перемикачі. Тригери

SR – перемикач з домінантою включення (рисунок 7.7).

Запис на мові ST:

Q1 = RS (SET, RESET1)

або через логічний вираз

Q1 = (NOT RESET AND Q1) OR SET1

RS – перемикач з домінантою виключення.

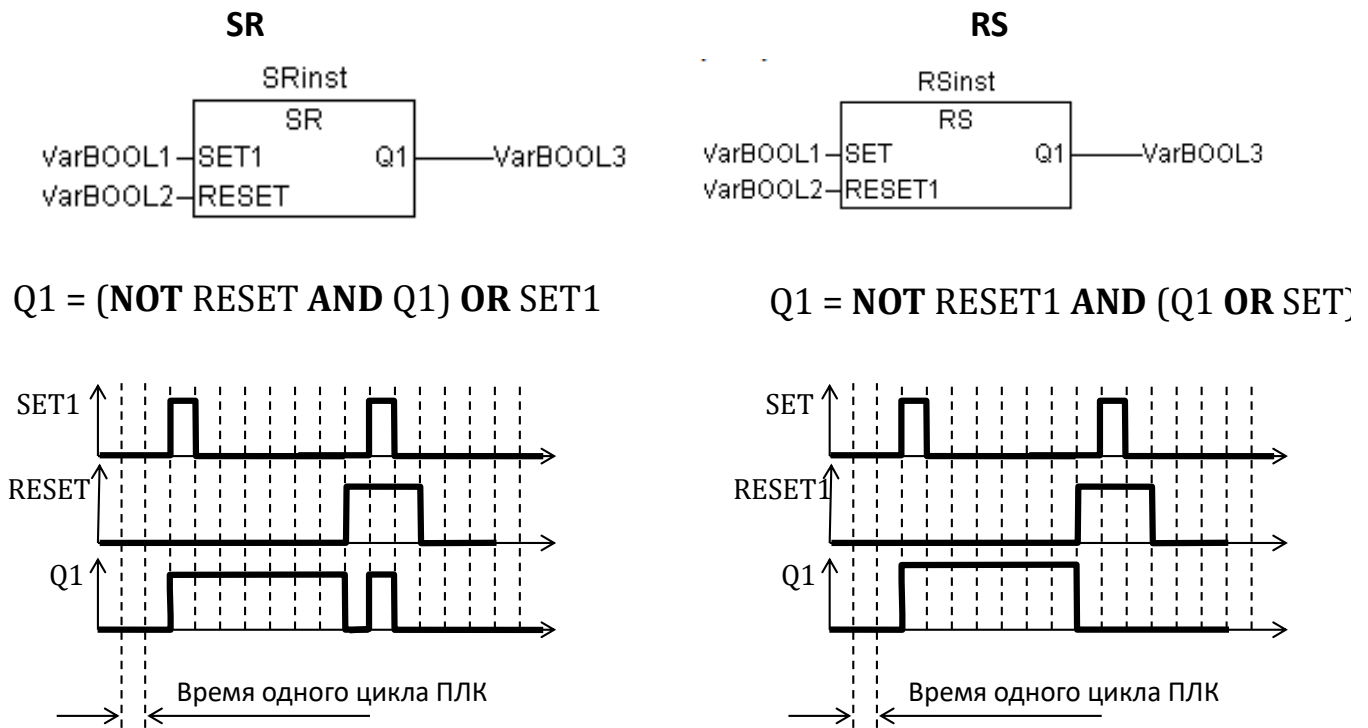


Рисунок 7.7 – Перемикачі

Лічильники імпульсів.

CTU (рисунок 7.8) – По кожному фронту на вході CU (перехід з FALSE на TRUE) вихід CV збільшується на 1. Вихід Q встановлюється в TRUE, коли лічильник досягне заданого значення PV. Лічильник CV скидається в 0 по входу RESET = TRUE.

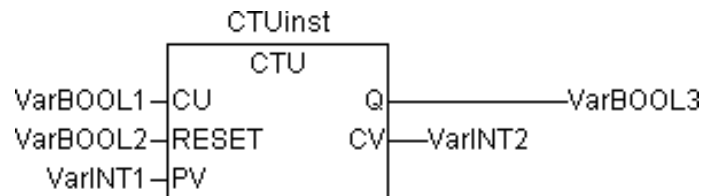


Рисунок 7.8 – Лічильник імпульсів

CTD (рисунок 7.9) – По кожному фронту на вході CD (перехід з FALSE на TRUE) вихід CV зменшується на 1. Коли лічильник досягне 0, рахунок зупиняється, вихід Q перемикається в TRUE. Лічильник CV завантажується початковим значенням, рівним PV по входу LOAD = TRUE.

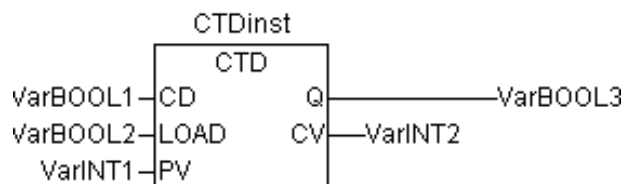


Рисунок 7.9 – Лічильник імпульсів

CTUD (рисунок 7.10) – два в одному.

По входу RESET лічильник CV скидається в 0, по входу LOAD завантажується значенням PV. По фронту на вході CU лічильник збільшується на 1.

По фронту на вході CD лічильник зменшується на 1 (до 0). QU встановлюється в TRUE, коли CV більше або дорівнює PV. QD встановлюється в TRUE, коли CV дорівнює 0.

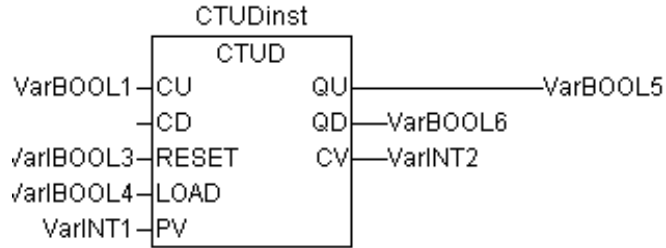
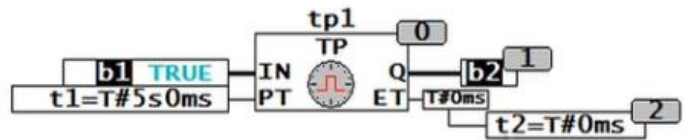
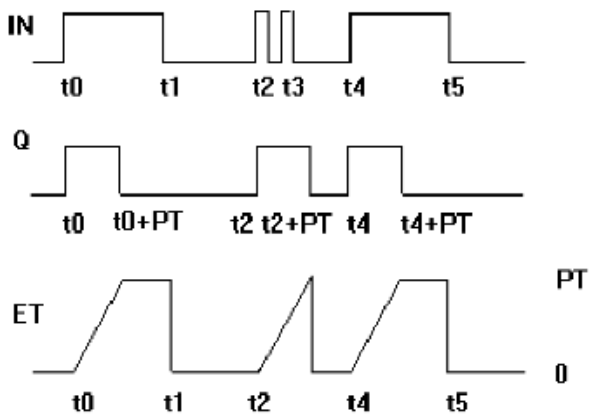


Рисунок 7.10 – Лічильник імпульсів

Таймери

TP (рисунок 7.11) – Поки IN дорівнює FALSE, вихід Q = FALSE, вихід ET = 0. При переході IN TRUE вихід Q встановлюється в TRUE і таймер починає відлік часу (в мілісекундах) на виході ET до досягнення тривалості, заданої PT. Далі лічильник не збільшується. Таким чином, вихід Q генерує імпульс тривалістю PT по фронту входу IN.

Временная диаграмма работы TP:



Тип данных время

```

0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003     t1: TIME := T#5h55m33s950ms;
0004 END VAR

```

```

0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003     t1: TIME := T#33s;
0004 END VAR

```

Рисунок 7.11 – Таймер

TON (рисунок 7.12) – Затримка включення

Поки IN дорівнює FALSE, вихід Q = FALSE, вихід ET = 0. Як тільки IN стає TRUE, починається відлік часу (в мілісекундах) на виході ET до значення, рівного PT. Далі лічильник не збільшується. Q дорівнює TRUE, коли IN дорівнює TRUE і ET дорівнює PT, інакше FALSE. Таким чином, вихід Q встановлюється з затримкою PT від фронту входу IN.

Временная диаграмма работы TON:

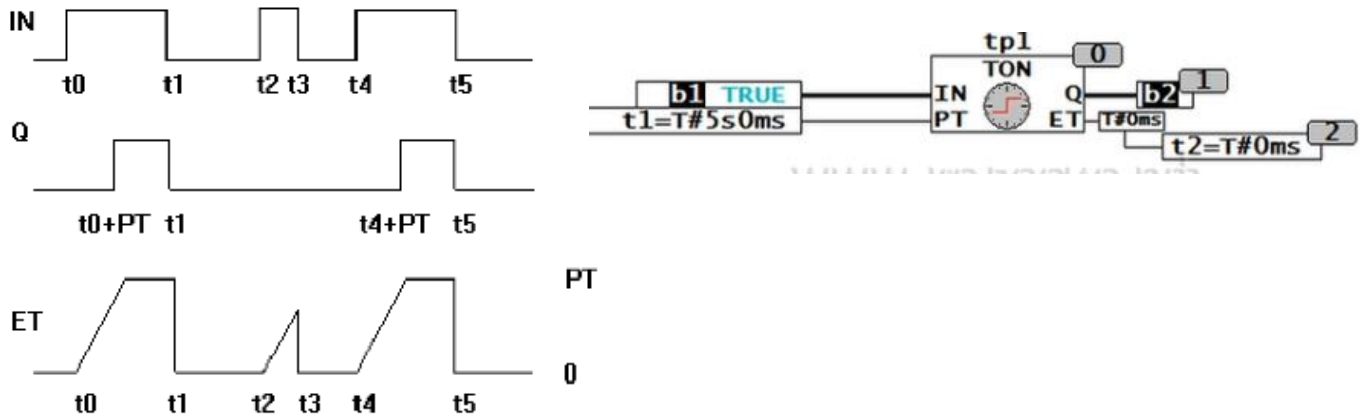


Рисунок 7.12 – Затримка включення

TOF (рисунок 7.13)– Затримка вимкнення

Якщо IN дорівнює TRUE, то вихід Q = TRUE і вихід ET = 0. Як тільки IN переходить в FALSE, починається відлік часу (в мілісекундах) на виході ET. При досягненні заданої тривалості відлік зупиняється. Вихід Q дорівнює FALSE, якщо IN дорівнює FALSE ET дорівнює PT, інакше - TRUE.

Таким чином, вихід Q скидається з затримкою PT від спаду входу IN.

Временная диаграмма работы TOF:

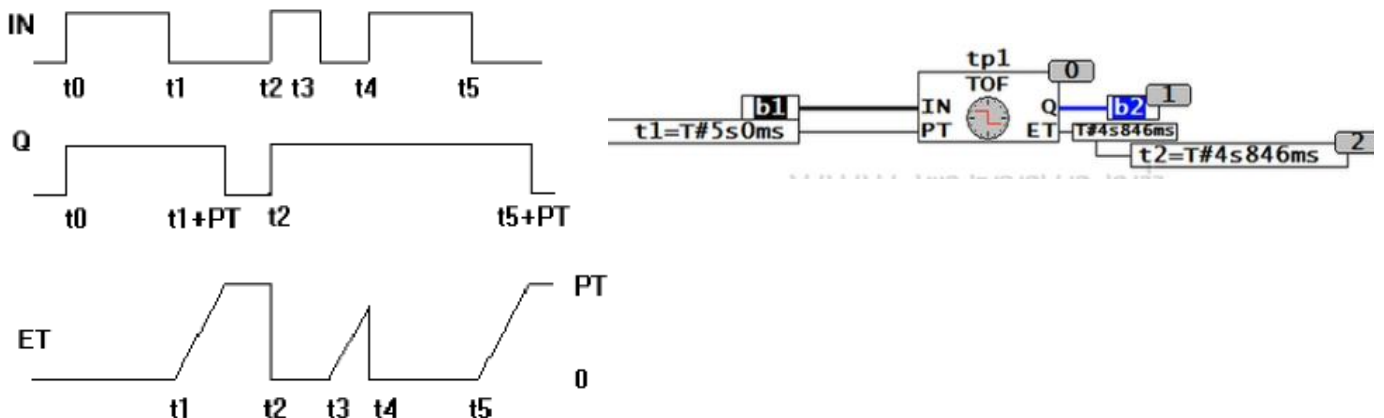


Рисунок 7.13 – Затримка вимкнення

Функціональні блоки модуля Unit.lib

HYSTERESIS (рисунок 7.14) – аналоговий компаратор з гістерезисом. Часто використовується для побудови позиційних регуляторів ().

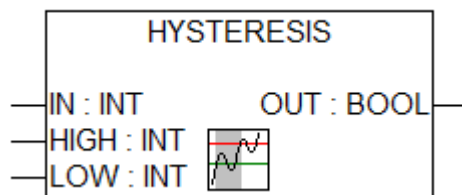


Рисунок 7.14 – Аналоговий компаратор з гістерезисом

LIMITALARM (рисунок 7.15) – Функціональний блок, контролює приналежність значення входу IN заданому діапазону. Входи LOW і HIGH задають межу

діапазону. Входи LOW і HIGH задають межу діапазону. Якщо значення на вході IN: перевищує межу HIGH тоді вихід O = TRUE, менше межі LOW тоді вихід U = TRUE, в межах між LOW і HIGH(включно) тоді вихід IL = TRUE.

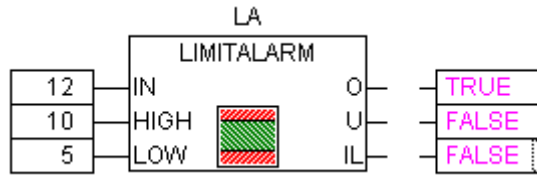


Рисунок 7.15 – Аналоговий компаратор з гістерезисом

BLINK – функціональний блок «генератор прямокутних імпульсів». Використовується для формування сигналу ШИМ (рисунок 7.16).

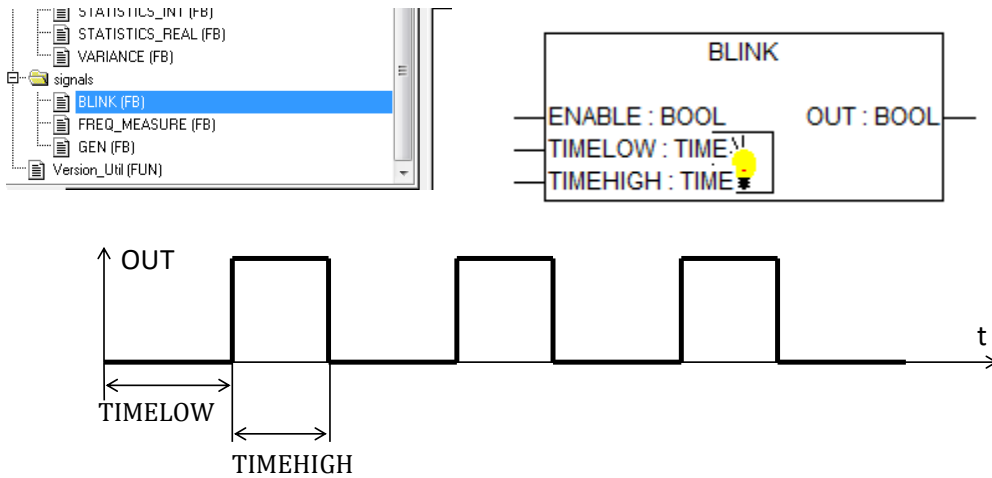


Рисунок 7.16 – Генератор прямокутних імпульсів

GEN – функціональний блок «функціональний генератор» (рисунок 7.17).

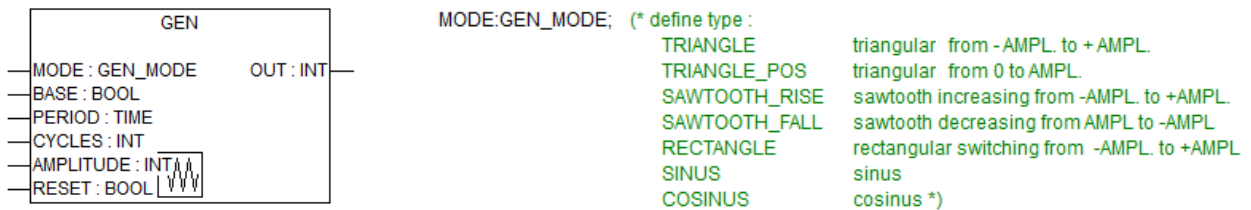


Рисунок 7.17 – Функціональний генератор

PID – функціональний блок (рисунок 7.18), що реалізує ПІД закон регулювання за формулою

$$Y = Y_OFFSET + KP \left(e(t) + \frac{1}{TN} \int_0^{TV} e(t) + TV \frac{de(t)}{dt} \right) \quad ()$$

- де Y_OFFSET – стаціонарне значення,
- KP – коефіцієнт передачі;
- TN – постійна інтегрування, с;
- TV – постійна диференціювання, с;

$e(t)$ – сигнал помилки (SET_POINT-ACTUAL).

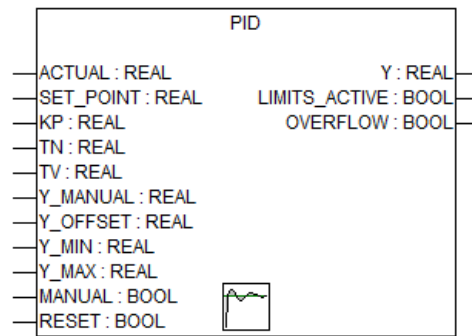


Рисунок 7.18 – ПІД-регулятор

7.3 Порядок виконання роботи

- 1) Створити проект для ПЛК 63 у якому створити програму на мові CFC.
- 2) Створити програму за варіантом, що заздалегідь слід отримати у викладача.
- 3) Створити візуалізацію до проекту.

7.4 Обробка результатів

1. У звіт помістити фото екрана з програмою та перелік змінних, що використовується в програмі.
2. Привести фото роботи візуалізації під час емуляції.

7.5 Висновки по роботі

У висновках варто висвітлити наступні питання:

- а) охарактеризувати отримані навички;
- б) охарактеризувати зручність написання програми за допомогою функціональних блоків на мові CFC.

7.6 Контрольні питання

1. Особливості написання програм на мові CFC.
2. Базові функціональні блоки мови CFC (логічні, арифметичні, умови, максимуми/мінімуми, мультиплексор).
3. Стандартні функціональні блоки мови CFC, що містяться у бібліотеці «Standart.lib».
4. Функціональні блоки мови CFC, що містяться у бібліотеці «Unit.lib».

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8 ПРОГРАМУВАННЯ PLC У СЕРЕДОВИЩІ CODESYS НА МОВІ «STRUCTURED TEXT». НАЛАГОДЖЕННЯ РОБОТИ PLC З МОДУЛЯМИ ВВОДУ-ВИВОДУ

8.1 Мета роботи

Ознайомитися зі принципом підключення модулів вводу-виводу до PLC. Написати програму для OWEN ПЛК-63 з використанням мов Continuous Flow Chart та Structured Text для управління виходами модуля дискретного виводу.

8.2 Теоретичні відомості

Модулі вводу-виводу (МВВ) до OWEN ПЛК-63 підключаються через інтерфейс RS-485 за протоколом Modbus-RTU.

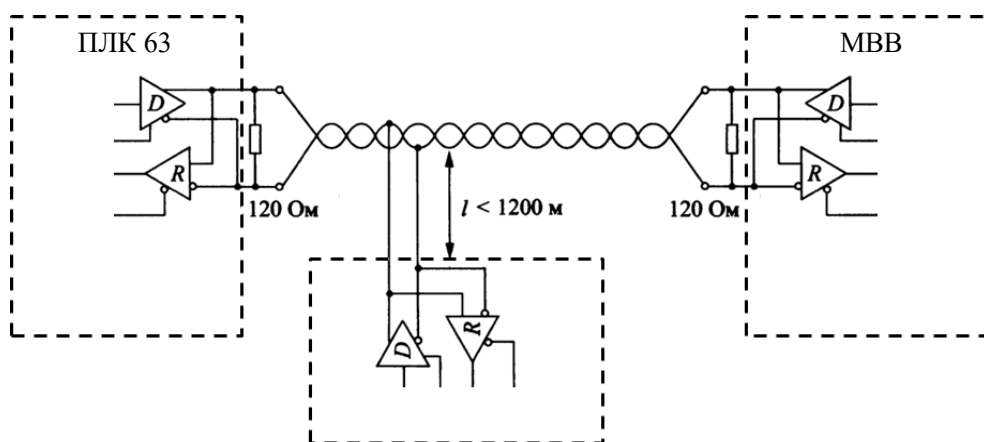


Рисунок 8.1 – Схема підключення МВВ

8.3 Опис експериментальної установки

Модуль вводу-виводу OWEN МК110-220.4К.4Р (зовнішній вигляд зображено на рисунку 8.2) до OWEN ПЛК-63 підключаються через інтерфейс RS-485 за протоколом Modbus-RTU. Схема підключення МВВ на стенді зображена на рисунку 8.3.

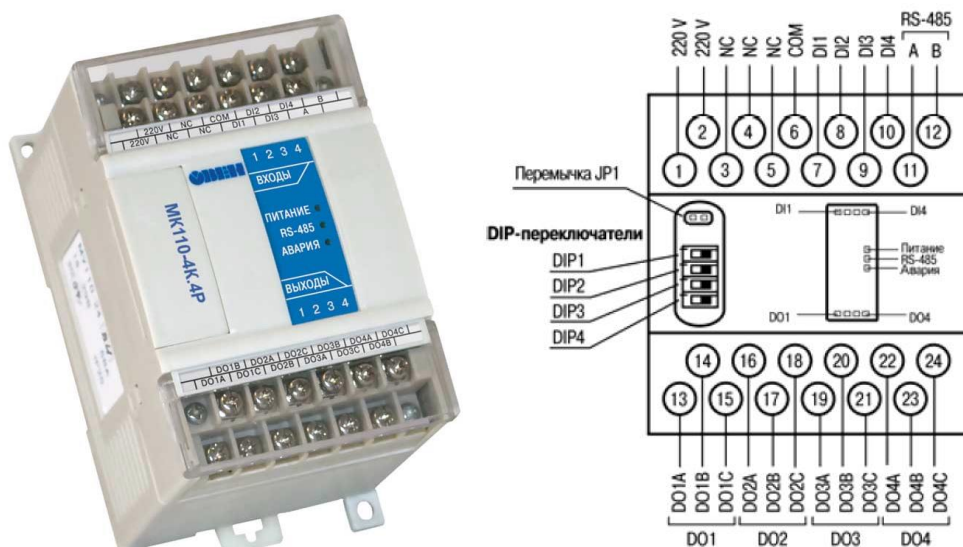


Рисунок 8.2 – Зовнішній вигляд (а) та МВВ OWEN МК110-220.4К.4Р

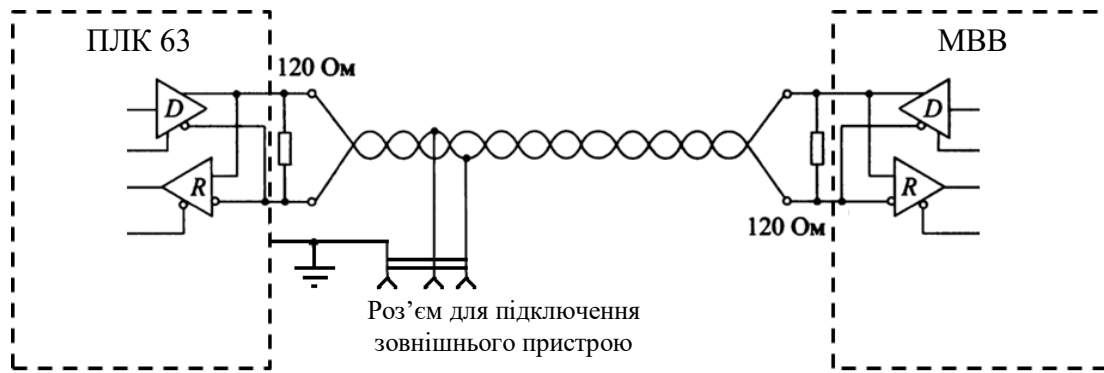


Рисунок 8.3 – Схема підключення MBB OWEN MK110-220.4K.4P

З початку роботи з приладом слід впевнитися, що параметри за замовчуванням (які запрограмовані на заводі виробнику) задовольняють нашим вимогам. Значення мережевих параметрів приладу за замовчуванням наведено в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Значення мережевих параметрів приладу за замовчуванням

Параметр	Описание	Заводская установка
bPS	Скорость обмена данными, бит/с	9600
LEn	Длина слова данных, бит	8
PrtY	Тип контроля четности слова данных	отсутствует
Sbit	Количество стоп-битов в посылке	1
A.Len	Длина сетевого адреса, бит	8
Addr	Базовый адрес прибора	16
Rs.dl	Задержка ответа по сети RS-485, мсек	2

В разі необхідності параметри можуть бути налаштовані за допомогою програми «Конфігуратор M110» після приєднання MBB до ПК через перехідник USB/RS485. Додаткову інформацію дивись у керівництві з експлуатації на прилад.

Даний MBB застосовується для виміру рівня рідини в резервуарі та має 4 релейні виходи. Функціональна схема MBB OWEN MK110-220.4K.4P наведена на рисунку 8.4.

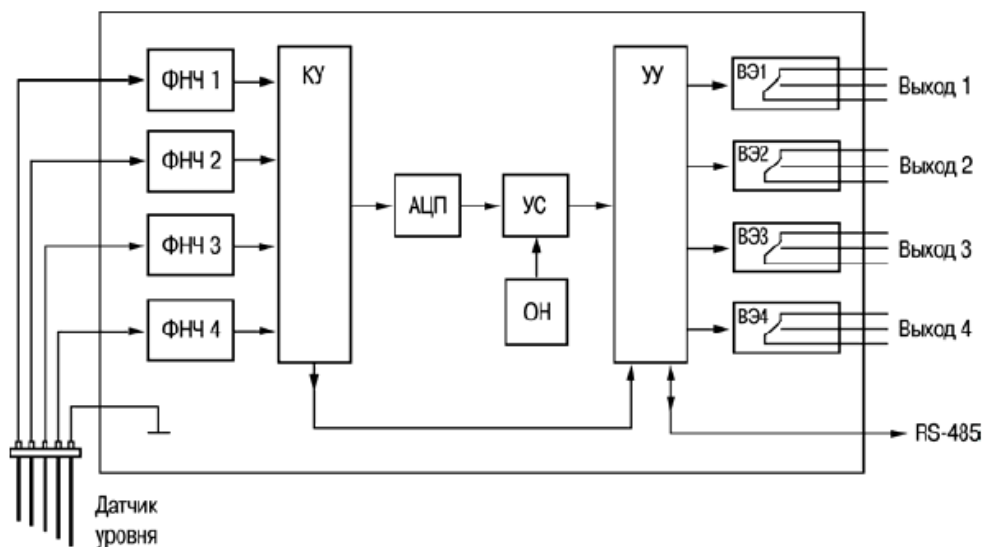


Рисунок 8.4 – Функціональна схема MBB OWEN MK110-220.4K.4P

На ліцьовій панелі МВВ присутні перимикачі DIP1 та DIP2 за допомогою яких слід встановити порог спрацювання (див. таблиця 8.2), який необхідний для проточної води.

Таблиця 8.2 – Порог спрацювання МВВ

DIP-переключатели установки порога срабатывания		Порог включения ВЭ	Порог отключения ВЭ
№ Положения	Вид		
1	 on	< 900 Ом	> 2,4 кОм
2	 on	< 9 кОм	> 24 кОм
3	 on	< 90 кОм	> 240 кОм
4	 on	< 430 кОм	> 900 кОм

Для считування стану входів та задання стану виходів МВВ ПЛК повинен опитувати пристрій (параметри r.Cn, S.do). В таблиці 8.3 наведено параметри для Modbus, що відповідають станам входів та виходів МВВ. Більш детально дивись у керівництві з експлуатації на прилад.

Таблиця 8.3 – Параметри, що відповідають станам входів та виходів МВВ

№	Параметр	Тип	Диапазон	Адрес (hex)	Заводская установка	Примечание
Порты ввода/вывода (чтение: Modbus-функция 0x03, 0x04)						
14	Состояние дискретных входов	WORD	0 – 0x000F	0x0011	–	Битовая маска состояния дискретных входов
Порты ввода/вывода (чтение: Modbus-функция 0x03, 0x04) / запись: Modbus-функция 0x10)						
15	Состояние дискретных выходов	WORD	0 – 0x000F	0x0012	–	Битовая маска состояния дискретных выходов Команда записи разрешена только в режиме дистанционного управления выходами

Якщо з ПЛК не опитує МВВ більш за час заданий в параметрі t.out «Максимальний мережевий тайм-аут» прилад переходить в режим «Аварія» в якому стан його виходів визначається ві відповідності до перемикача на ліцьовій панелі DIP4. Більш детально дивись у керівництві з експлуатації на прилад.

Таблиця 8.4 – Стан виходів у різних режимах

№ положения	Вид Переключателей	Состояние ВЭ	
		Режим «Авария»	Выход из режима «Авария»
1	 on	Определяется параметром O.ALr	Определяется параметром S.do
2	 on	Определяется состоянием входов	Определяется состоянием входов
3	 on	Определяется состоянием входов	Определяется состоянием входов
4	 on	Определяется состоянием входов	Определяется состоянием входов

8.4 Приклад програми для роботи з МК110-220.4К.4Р

Нижче наведений приклад реалізації програми функціонального блоку на мові ST для опитування МВВ (рисунки 8.5-8.8).

```

0001 FUNCTION_BLOCK MK110_4K_4P
0002 VAR_INPUT
0003   D1,D2,D3,D4:BOOL;    (* состояние выходов *)
0004   Mode:MB_MODE;        (* Установка режима работы протокола Modbus
0005                           Serial Transmission Mode of MODBUS networks
0006                           0 - MB_RTU - ModBus_RTU
0007                           1 - MB_ASCII - ModBus_ASCII *)
0008   BaudRate:DWORD;      (* Скорость: 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 *)
0009   MK_Addr: BYTE (0..247); (* адрес подчиненного устройства в сети MODBUS *)
0010 END_VAR
0011
0012 VAR_OUTPUT
0013   DI: WORD;              (*считанное значение с входов *)
0014   DI1,DI2,DI3,DI4:BOOL; (*состояние входов МК110_4К_4Р *)
0015   err: INT;              (*номер ошибки чтения данных*)
0016 END_VAR
0017
0018 VAR
0019   get2_modbus: MB_RD_INP_REGS; (*функция 04 - чтение трех параметров типа INT*)
0020   send2_modbus:MB_WR_REGS;    (*функция 0x10 - Запись значения регистров*)
0021
0022   Buffer: ARRAY[0..255] OF BYTE; (* байтовый буфер данных *)
0023   cmpl: BOOL;
0024
0025   (*Настройка порта*)
0026   com_num: PORTS:=0;          (*0 - RS-485, 1 - RS-232*)
0027   port_opened: BYTE := 0;    (*настройка прошла удачно 1, порт не настроен 0 *)
0028   Settings:COMSETTINGS;     (* настройки последовательного порта *)
0029   StopBits:BYTE:=1;         (*0 = один стоп бит, 1=полтора, 2=два*)
0030   Parity:BYTE:=0;           (*0 = нет бита контроля, 1 = нечетность, 2 = четность*)
0031
0032   enabl: BOOL;                (*состояние работы блока*)
0033   TimeOut: TIME:=T#50ms;     (*таймаут*)
0034   Exception: BYTE;
0035   DataSize: WORD;
0036   master1: BYTE:= 1;         (*операци которую делаем в данный момент чтение / запись*)
0037
0038   COM_SERVICE1: COM_SERVICE;
0039   f1: WORD;
0040 END_VAR
0041

```

Рисунок 8.5 – Об’явлення змінних функціонального блоку МК110_4К_4Р

```

0001 (*Устанавливаем настройки COM-порта*)
0002 IF port_opened=0 THEN
0003     Settings.Port:=com_num;      (*номер COM-порта*)
0004     Settings.dwBaudRate:=BaudRate; (*скорость*)
0005     Settings.byParity:=Parity;
0006     Settings.dwTimeout:=0;
0007     Settings.byStopBits:=StopBits;
0008     Settings.dwBufferSize:=0;
0009     Settings.dwScan:=0;
0010 END_IF
0011
0012 COM_SERVICE1(Enable:=(port_opened=0) , Settings:=Settings , Task:=OPEN_TSK );
0013 (*Если COM-порт открыт, то переходим к приему и передачи данных *)
0014 IF COM_SERVICE1.ready THEN
0015     port_opened:=2;
0016 END_IF
0017
0018 IF port_opened=2 THEN (*Удачно проинициализировали*)
0019
0020 CASE master1 OF
0021 1: (* функция 0x10 или 16 - запись параметров типа WORD в прибор с адресом MK_Addr *)
0022
0023 f1.0:=D1;
0024 f1.1:=D2;
0025 f1.2:=D3;
0026 f1.3:=D4;
0027
0028 (*запись в буфер параметра типа INT*)
0029 Buffer[1] := WORD_TO_BYTE(f1);
0030 Buffer[0] := WORD_TO_BYTE( SHR(f1,8));

```

Рисунок 8.6 – Перша частина програми

```

0031
0032 send2_modbus(
0033     Enable:= enabl,      (* разрешение работы блока *)
0034     Mode:=MB_RTU ,      (* режим передачи*)
0035     DevAddr:=MK_Addr ,  (* адрес*)
0036     FirstAddr:= 18,     (* номер регистра*)
0037     Quantity:= 1,      (* количество записываемых регистров*)
0038     ComHandle:=Settings.Port, (*номер сом-порта*)
0039     TimeOut:=TimeOut , (*таймаут T#50ms*)
0040     Buffer:=Buffer ,    (* буфер данных *)
0041     Complete=>cempl ,   (* скопировать признак завершения операции *)
0042     Exception=>err ,   (* скопировать регистр ошибок *)
0043     RegCnt=> DataSize); (*кол-во считанных байтов *)
0044 (*если установлен признак завершения операции, то *)
0045 IF cmpl THEN
0046     master1:=2;(*переходим к выполнению следующего блока*)
0047 END_IF
0048
0049 2: (* функция 04 инт - ФБ считывает значения трех параметров типа Int из прибора с адресом 2 начиная с регистра с номером 12*)
0050 get2_modbus(
0051     Enable:= enabl,      (* разрешение работы блока *)
0052     Mode:=MB_RTU ,      (* режим передачи*)
0053     DevAddr:=MK_Addr ,  (* адрес*)
0054     FirstAddr:=17 ,     (* номер регистра*)
0055     Quantity:=2 ,      (* количество регистров*)
0056     ComHandle:= Settings.Port, (*номер COM-порта*)
0057     TimeOut:=TimeOut ,  (*Таймаут T#50ms*)
0058     Buffer:=Buffer ,    (* буфер данных *)
0059     Complete=>cempl ,   (* скопировать признак завершения операции *)
0060     Exception=>err ,   (* скопировать регистр ошибок *)
0061     ByteCnt=> DataSize); (*кол-во считанных байтов *)
0062 (*если установлен признак завершения операции, то *)
0063 IF cmpl THEN

```

```

0064
0065 IF err=0 THEN (*Если нет ошибок, то получаем данные из буфера типа INT*)
0066   DI:=BYTE_TO_WORD(BUFFER[1]) OR SHL(BYTE_TO_WORD(BUFFER[0]),8);
0067   DI1:=DI.0;
0068   DI2:=DI.1;
0069   DI3:=DI.2;
0070   DI4:=DI.3;
0071 END_IF
0072 master1:=1;(*переходим к выполнению следующего ФБ*)
0073 END_IF
0074 END_CASE
0075
0076 IF enabl = FALSE THEN
0077   enabl := TRUE;
0078 END_IF
0079
0080 IF err <> 0 THEN
0081   enabl := FALSE;
0082 END_IF
0083
0084 END_IF

```

Рисунок 8.7 – Друга частина програми

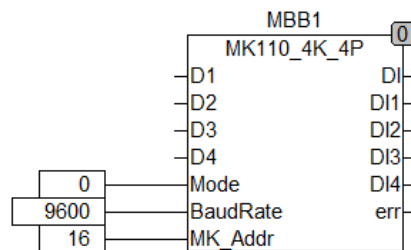


Рисунок 8.8 – Вигляд функціонального блока при вставці в програму

8.5 Порядок виконання роботи

- 1) Створити проект. В якому створити програму на мові CFC. Налаштувати час циклу ПЛК. Налаштувати дискретні входи та виходи. В програмі CFC вставити входи, виходи та елемент перетворення типу даних (див. рис.).
- 2) Створити функціональний блок зв'язку з МВВ OWEN МК110-220.4К.4Р.
- 3) Створити програму для варіанту таблиця 8.5 або за вказівкою викладача.

Таблиця 8.5 – Приклад варіанту

Варіант	Завдання
1	<p>Створити проект управління насосом для викачки рідини з резервуара у якому передбачити:</p> <ul style="list-style-type: none"> - входи ПЛК: 3 датчик рівня рідини (1), (2), (3), датчик аварійного рівня рідини (4) - виходи ПЛК: насос (1), лампа індексації аварії (2), лампа індексації гранично малого рівня рідини (3). <p>Логіка роботи наступна. При спрацювання датчика (3) рідина починає відкачуватись поки не спрацює датчик (2). При спрацюванні датчика (4) аварійного рівня рідини запалюється лампа індексації аварії. При спрацюванні датчика (1) запалюється лампа індексації гранично малого рівня рідини.</p>

8.6 Оформлення результатів

1. У звіт помістити фото екрана з програмою на мові CFC та перелік змінних, що використовується в програмі.
2. У звіт помістити текст програми на мові ST та перелік змінних з коментарями, що використовується в програмі.
3. Привести фото роботи візуалізації під час емуляції.

8.7 Висновки по роботі

У висновках варто висвітлити наступні питання:

- а) охарактеризувати отримані навички;
- б) охарактеризувати зручність написання програми за допомогою функціональних блоків на мові CFC.

8.8 Контрольні питання

1. Створення функціональних блоків в CoDeSys.
2. Особливості написання програм на мові Structured Text в CoDeSys.
3. Налаштування аналогових входів та виходів в CoDeSys.
4. Робота з ModBUS RTU в CoDeSys.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- 1 Petruzella F.D. Programmable Logic Controllers. McGraw-Hill, 2010.
- 2 Ziegler J. G., Nichols N. B. Optimum settings for automatic controllers. - Trans. ASME, vol. 64, p. 759–768, 1942.
- 3 Chien K. L., Hrones J. A., Reswick J. B. On automatic control of generalized passive systems. - Trans. ASME, 74, p.p. 175-185.
- 4 Пупена, О. М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін, Н. М. Луцька, А. П. Ладанюк. – К. : Ліра, 2011
- 5 Технічні засоби автоматизації. Підручник. В.В. Ткачев, М.І. Стаднік, В.І. Шевченко, М.В. Козарь, О.В. Карпенко. НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. – 142 с
- 6 Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування. Підручник. – Київ: Либідь, 2017 – 656 с
- 7 Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, частина перша - К.: НУХТ, 2014 - 184 с
- 8 Технічні засоби автоматизації. Підручник. В.В. Ткачев, М.І. Стаднік, В.І. Шевченко, М.В. Козарь, О.В. Карпенко. НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. – 142 с.
- 9 Проць Я.І., Савків В.Б., та ін. Автоматизація виробничих процесів. – Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пуллюя, 2011. – 344 с.