

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Тривалість: 6 акад. годин

Мета: ознайомитися з технологією виробництва алюмінієвої катанки, алгоритмами керування та програмним забезпеченням промислових контролерів імітаційної моделі АСУТП.

Завдання для виконання роботи

Загальна постановка завдання. Необхідно створити проект в UNITY PRO і розробити програмне забезпечення ПЛК, який здійснює регулювання температури розплаву в плавильній печі, довжини заготовки перед прокаткою, теплового режиму кристалізатора та керування процесом укладанням катанки в бунт. За допомогою інтерфейсів оператора виконати дослідження впливу настройок регулятора та характеристик об'єкта на якість роботи запрограмованих систем автоматизації.

Технологічна лінія з виробництва алюмінієвої катанки зазвичай складається з пічної дільниці, ливарної машини, лінії транспортування литої заготовки до прокатного стану, прокатного стану і моталок (рис.8.1). За допомогою скіпа завантажувальної машини 1 алюмінієві брикети подаються у газову плавильну піч шахтного типу 2. Після розплавлення метал прямує в одну з двох роздавальних печей 3, де він очищується від шлаку, піддається дегазації 4 та направляється у жолоб ливарного колеса 5, охопленого сталеву стрічкою. Під впливом охолодної води розплавлений алюміній кристалізується у виливниці колеса, що обертається, та у вигляді безперервного зливка подається у прокатний стан за допомогою правильного 6 і переднього тягового 7 пристроїв. У разі незадовільної якості лиття заготовку розрізають гідравлічними ножицями 8 на дрібні мірні шматки до тих пір, поки вона не відповідатиме встановленим вимогам.

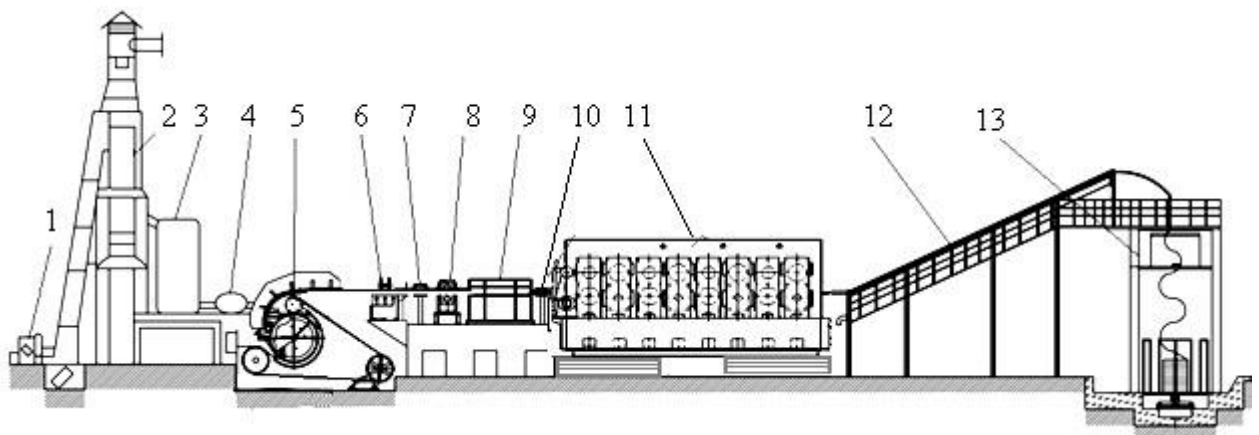


Рис. 8.1. Технологічна лінія неперервного лиття та прокатки

Під час виробництва дроту з алюмінієвих сплавів заготовку перед прокаткою додатково нагрівають індукційним нагрівачем 9 і за допомогою пристрою 10 подають у прокатний стан 11. Після прокатки катанка піддається процесам гартування, охолодження та сушіння 12 і подається на здвоєну моталку кошикового типу 13. Затискний тяговий пристрій разом з пристроєм утворення

кілець укладає катанку в приймальний кошик, після наповнення якого відбувається заміна його на новий.

Відповідно до технології, для одержання високоякісної катанки необхідно підтримувати задану температуру розплаву у шахтній та роздавальних печах, забезпечити стабільні умови кристалізації рідкого металу у ливарному колесі, регулювати довжину алюмінієвої заготовки перед прокаткою, керувати охолодженням катанки під час прокатування у стані та процесом формування бунта у моталці. Оскільки властивості алюмінієвої катанки формуються протягом всього технологічного циклу, від плавильної печі до моталки, виконання усіх перелічених умов має відбуватися якісно. Тому для імітаційного моделювання АСУТП з виробництва алюмінієвої катанки, необхідно визначитися з математичними моделями об'єктів автоматизації, формулами та рівняннями, що описують зв'язок між окремими параметрами, а також алгоритмами керування технологічним процесом, за допомогою яких можна створити системи автоматизації, дослідити вплив тих чи інших параметрів на якість регулювання і налагодити роботу систем автоматизації на бажаний кінцевий результат.

Визначення алгоритмів програмування контролера

Основними вихідними величинами, що характеризують процес неперервного лиття та прокатки є температура рідкого алюмінію в шахтній та роздавальних печах, температура та довжина заготовки на виході з ливарного колеса, температура катанки на виході з прокатного стану та після гартування і охолодження. Для побудови систем автоматичного регулювання динамічні характеристики усіх перелічених параметрів апроксимовані аперіодичними ланками з транспортним запізнюванням:

$$W_{(p)} = \frac{K}{T \cdot p + 1} \cdot e^{-p\tau},$$

де K – коефіцієнт передачі; T – стала часу; τ – транспортне запізнювання.

Регулювання температури в шахтних печах з достатньою якістю відбувається за рахунок коригування витрати спалюваного газу, тому і при імітаційному моделюванні АСУТП використовувався саме цей спосіб.

Регулювання довжини заготовки, зазвичай, здійснюється за показаннями датчиків непрямого вимірювання, що негативно впливає на якість роботи САР. Тому в імітаційній моделі застосована система автоматичного регулювання, яка змінює швидкість прокатного стану на підставі розрахунків поточної довжини заготовки:

$$L = L_{заг.} + \left(V_{Л} \cdot c_1 (T_{вих} - T_{ex}) + V_{Л} - \frac{c_2 n}{\lambda} \right) \cdot \Delta t,$$

де L - загальна довжина алюмінієвої заготовки; $L_{заг.} = V_{Л} \cdot \Delta t$ – базова довжина отриманого зливка за цикл лиття; $V_{Л}$ – лінійна швидкість заготовки на виході з ливарного колеса; c_1 – коефіцієнт температурного подовження алюмінію; $T_{вих}$ – температура зливка на виході з ливарного колеса; T_{ex} – температура металу на вході в ливарне колесо; c_2 – коефіцієнт передачі швидкості прокатного стану; n –

швидкість обертання електропривода; λ - коефіцієнт витяжки прокатного стана;
 Δt – цикл лиття;

Стабілізацію теплового режиму в кристалізаторах, в більшості випадків, реалізують за рахунок коригування витрати води, що подають на охолодження зливка. Проте недоліком таких систем автоматизації є те, що регулювання теплового режиму здійснюють за непрямыми показниками – температурою води до та після охолодження. Для підвищення якості регулювання в імітаційній моделі використовується параметр, що напряду характеризує тепловий режим кристалізатора, а саме розраховану величину теплоти, що виноситься із заготовкою з кристалізатора Q_{zag} :

$$Q_{zag} = \rho \frac{V}{60} \cdot F \cdot h_n - G_{roz} \cdot (h_n - h_k),$$

де ρ – щільність алюмінієвого сплаву при; V – швидкість лиття; F – площа поперечного перерізу заготовки; $G_{roz} \cdot (h_n - h_k)$ – теплота, що віддається гарячим теплоносієм; G_{roz} **Error! Reference source not found.** – витрата розплаву, що визначається продуктивністю агрегату та швидкістю лиття; $h_n = L + c_n \cdot T_{roz}$ – ентальпія сплаву на початку виливниці; $h_k = L + c_k \cdot T_{zag}$ – ентальпія сплаву у кінці виливниці; L – теплота твердіння розплаву, T_{roz} – початкова та T_{zag} – кінцева температура алюмінієвого сплаву у виливниці; c_n , c_k – теплоємність алюмінієвого сплаву, відповідно, для початкової та кінцевої температур;

Формування бунта готової катанки в імітаційній моделі реалізується шляхом керування кутової швидкості обертання проводки виткоутворювача моталки. При цьому швидкість для i -того витка змінюється ступінчасто, відповідно до виразу:

$$\varpi_i = \frac{V}{R_{\max(\min)} \mp (i-1)d \cdot \alpha},$$

а тривалість керування, яка дорівнює часу формування i -того витка, визначається із співвідношення:

$$T_i = \frac{2\pi}{\varpi_i}.$$

Тут ϖ_i – кутова швидкість обертання проводки; V – швидкість подачі катанки; R_{\max} – радіус максимального витка; R_{\min} – радіус мінімального витка; d – діаметр катанки; $1 \leq i \leq m$, $m = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{d \cdot \alpha}$ – кількість витків у шарі, α – крок укладання витків, $1 \leq \alpha \leq \frac{R_{\max} - R_{\min}}{2d}$, « R_{\max} –» – при укладанні шару від периферії до центру, « R_{\min} +» – при укладанні шару від центру до периферії.

Як видно з наведених формул та алгоритмів керування вони відображають зв'язки між окремими технологічними параметрами на кожній ділянці технологічної лінії, що дозволяє досліджувати на імітаційній моделі вплив кожного з них на якість роботи систем автоматизації.

Імітаційна модель автоматизованої системи управління виробництвом алюмінієвої катанки створена на базі однієї ЕОМ за допомогою пакетів

програмування Unity Pro виробництва Schneider Electric і TIA Portal компанії Siemens. Unity Pro використовувався для розробки програм моделювання та управління технологічними процесами, а TIA Portal, у якого є широкі можливості для створення людино-машинного інтерфейсу, застосовано для розробки автоматизованого робочого місця оператора-технолога. АРМ оператора містить три базових вікна візуалізації різних ділянок технологічної лінії з відображенням і анімацією механізмів, пультів управління їх роботою і засобами контролю за технологічними параметрами. На базі програмного забезпечення створеної імітаційної моделі АСУТП виробництвом алюмінієвої катанки розроблено лабораторний практикум, за допомогою якого можна ознайомитися з основними вікнами АРМ оператора АСУТП, кодами програм моделювання і управління технологічними процесами та придбати певний досвід в програмуванні промислових контролерів і дослідженні якості роботи систем автоматизації за допомогою середовища Unity Pro .

Опис функцій. В лабораторній роботі створюється програмне забезпечення контролерів та досліджується якість роботи чотирьох систем автоматизації, що забезпечують:

- 1) завантаження плавильної печі ломом і регулювання температури розплаву на рівні 750 °С;
- 2) регулювання теплового режиму кристалізатора на рівні 1363660Вт;
- 3) регулювання довжини заготовки на рівні 16,8м;
- 4) керування укладанням катанки в бунт із заданою кількістю витків у шарі бунта.

Лабораторна установка

Апаратне забезпечення: ПК.

Програмне забезпечення: UNITY PRO V \geq 9.0.

Порядок виконання роботи. Заходи безпеки

Необхідно дотримуватись стандартних заходів безпеки при роботі з ПК.

Лабораторна робота 8.1. Створення програмного забезпечення імітації роботи САР температури розплаву у плавильній печі

Мета: ознайомитися з операторським вікном візуалізації пічної дільниці АСУТП виробництва алюмінієвої катанки та основами створення системи автоматичної стабілізації температури розплаву в середовищі UNITY PRO.

Загальна постановка завдання. Необхідно створити проект в UNITY PRO для реалізації поставленої задачі. Настроювання системи автоматичного регулювання та дослідження якості її роботи виконати за допомогою готового програмного операторського екрану.

Опис об'єкта 1. У першому вікні, рис. 8.2, імітаційної моделі АСУТП виробництва алюмінієвої катанки зображені шахтна та дві роздавальні печі з відповідними технологічними лініями зв'язку, а також пульти керування з кнопками вибору режимів роботи, ручного керування та засобами контролю за рівнем і температурою металу в печах. Програмою передбачено завантаження шахтної печі алюмінієвим ломом, увімкнення її в роботу, ручне і автоматичне

регулювання температури розплаву на рівні 750 °С, зливання його в одну з роздавальних печей з автоматичною стабілізацією температури (700°С) та подачу розплавленого алюмінію у ливарну машину. Рівень металу в печах відслідковується синім кольором.

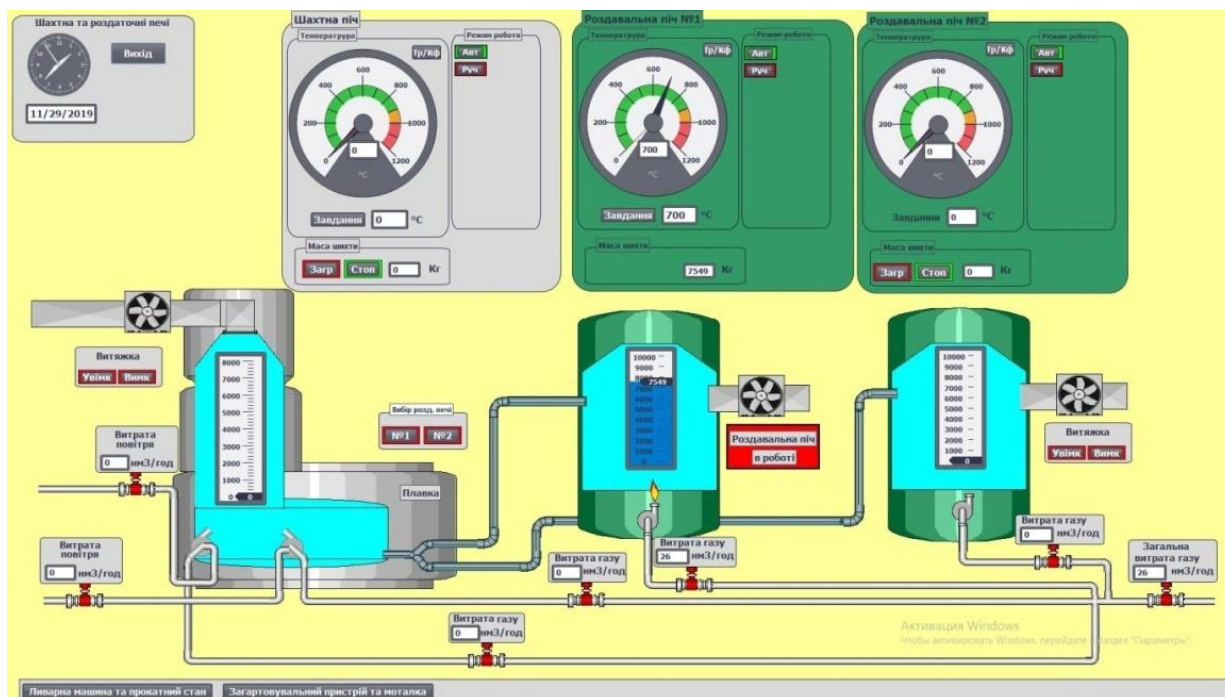


Рисунок 8.2– Вікно візуалізації пічної дільниці

Робочий режим печей попереджається відповідним повідомленням на червоному фоні під вентиляторами, а біля пальників з'являється полум'я. Після злиття розплаву печі зупиняють, попередження про їх робочий стан зникає, а на його місці з'являються кнопки керування роботою вентиляторів, які призначені для провітрювання внутрішнього простору печей.

Перед виконанням лабораторної роботи необхідно ознайомитися з додатком Д8.1.

1) Запустити на виконання UNITY PRO. Створити новий проект з ПЛК М340 на базі центрального процесора BMX P34 2000 02.70 CPU340-20 Modbus.

2) Імпортувати операторський екран:

Project Browser -> контекстне меню Operator Screens -> Import-> "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК_Шахтна\Screen_sahtna.XCR".

3) Активізувати можливість використання динамічних масивів:

Меню Tools->Project Settings-> Variableless->виставити опцію "Allow Dynamic Arrays".

4) Імпортувати функціональний блок користувача:

Project Browser -> Derived FB Types -> Import "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК\Block_sahtna.XDB".

5) Імпортувати необхідні програмні секції: **Project Browser -> Program-> Tasks -> Mast -> контекстне меню Sections -> Import "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК\Program_sahtna.XPG".**

6) Імпортувати змінні:

Project Browser -> Variables & FB Instances -> Import "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК\ Variables_sahtna.XSY".

7) Після імпорту змінних, ознайомитись з їх призначенням (рис.8.3).

Variables DDT Types Function Blocks DFB Types			
Filter			
Name			
	Type	Value	Comment
Add1	BOOL		Змінна для кнопки яка збільшує значення виходу регулятора в ручному режимі на 1.0
Add10	BOOL		Змінна для кнопки яка збільшує значення уставки регулятора в автоматичному режимі на 10.0
blok_upr	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
Buf	ARRAY[0..6...]		Буфер обміну для роботи транспортного запізнення
Exstr_Stop	BOOL		Зупинка плавки
Exstr_Stop_a...	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
K_ob	REAL	2.7	K- об'єкта регулювання
max_sone_s...	REAL	100.0	Максимальна амплітуда збурень
min_sone_sa...	REAL	-100.0	Мінімальна амплітуда збурень
Out_reg	REAL		Вихід регулятора
Para_sahtna	Para_PL_B		Налаштування регулятора
Para_skali...	Para_SCALI...		Налаштування блоку масштабування величини для роботи контуру в автоматичному режимі
plavka_stop	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
riv_sahtna	REAL		Вага сировини/розплаву в шахтній печі
Sagruska	BOOL		Загрузка сировини для шахтної печі
Sahtna_m_a	BOOL		Переключення режимів роботи (ручний/автоматичний)
Sahtna_upr...	REAL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
Savant_sakin	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
Savant_saki...	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
Shum_on_off	BOOL		Вимк/Увімк збурень
sig	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
sig_Sliv	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
Sliv	BOOL		Злив розплаву
Stop	BOOL		Зупинка завантаження
Stop_sliv	BOOL		Зупинка зливу з шахтної печі
Sub1	BOOL		Змінна для кнопки яка зменшує значення виходу регулятора в ручному режимі на 1.0
Sub10	BOOL		Змінна для кнопки яка зменшує значення уставки регулятора в автоматичному режимі на 10.0
Suum_t_saht...	REAL	70.0	Час формування нового збурення
T_ob	REAL	32.0	Постійна часу об'єкта регулювання
Tau	REAL	13.0	Транспортне запізнення
Temp_anim	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
Temp_sahtna	REAL		Температура в шахтній печі
Temp_sahtn...	REAL		Задана температура
Var1	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
Var1_Sliv	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
Var2	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
Var2_Sliv	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
Var3	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////
Var4	BOOL		//////// -Допоміжна змінна анімації або блокування-////////

Рисунок 8.3– Змінні проекту

8) Активізувати екран оператора для дослідження роботи САР температури і ознайомитись з його структурою, рис.8.4:

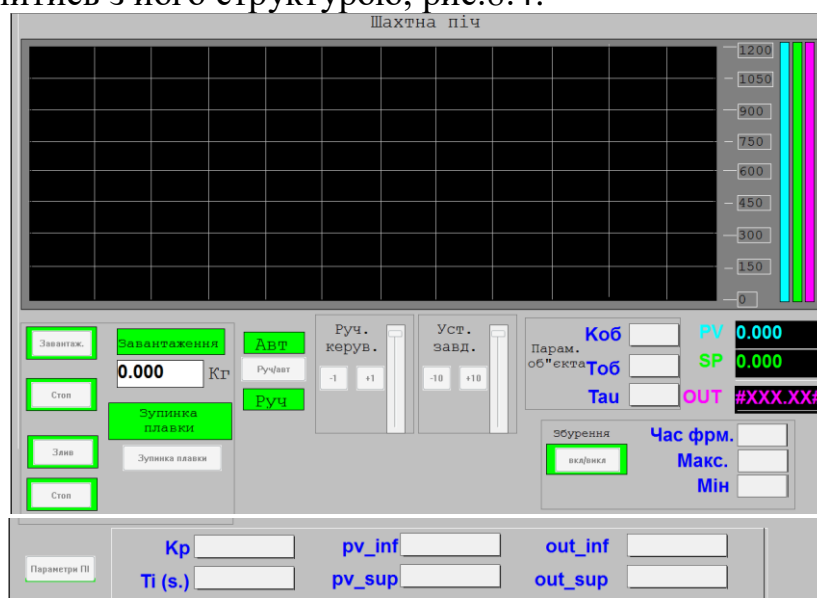


Рисунок 8.4 – Екран оператора.

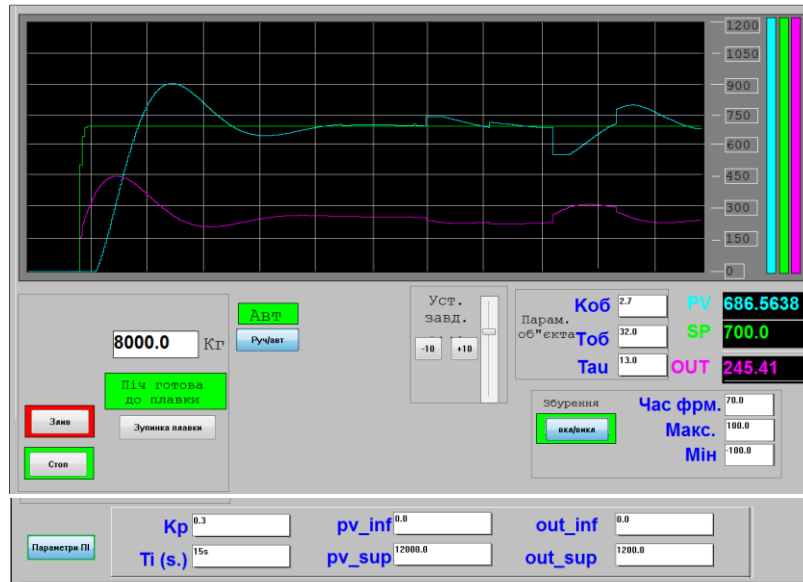
9) Перевірити проект на наявність помилок. Якщо помилки є повторити пункти 1-7 знову.

10) Створити програму секції об'єкта автоматизації «Obj», користуючись варіантом приведеним у додатках Д8.1.5.

Увага! Використовувати вже існуючі (імпортовані) змінні та екземпляри функціональних блоків, інакше операторський екран не буде функціонувати!

11) Скопіювати проект і завантажити його в симулятор ПЛК.

12) За допомогою панелі управління завантажити піч ломом кількістю 8000 кг, а після цього перевести проект в автоматичний режим роботи. Установити завдання температури 700°C і спостерігати за перехідним процесом. Після завершення його увімкнути в дію випадкові збурення, рис.8.6.



Рисунок– 8.6. Екран оператора при автоматичному регулюванні і наявності випадкових збурень.

13) Дослідити якість регулювання температури при наявності збурень, а також при 2-3 інших значеннях параметрів об'єкта і регулятора ($\pm 3\text{-}5\%$ від встановлених за замовчуванням) і зробити відповідні висновки про якість регулювання.

Аналіз одержаних результатів

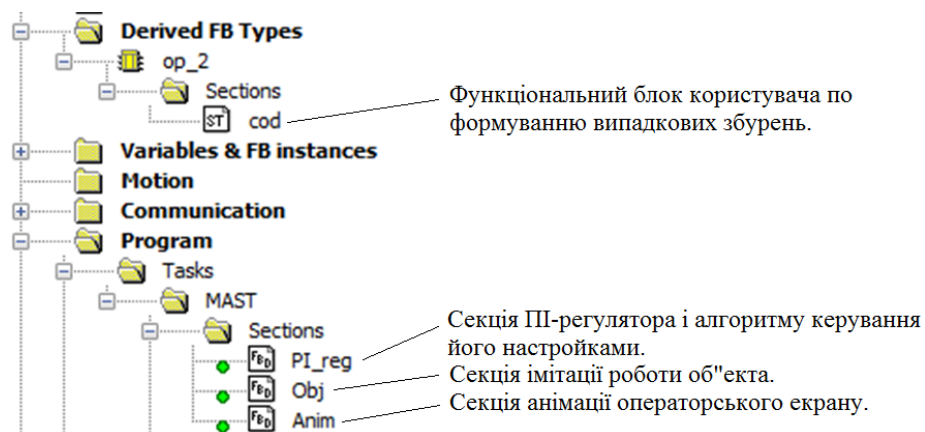
Викладачем перевіряється виконання поставленого завдання. Студент повинен пояснити FBD-програму регулювання температури розплаву, дати характеристику задіяним функціональним блокам і зробити висновки за проведеними дослідженнями.

Запитання для самоперевірки

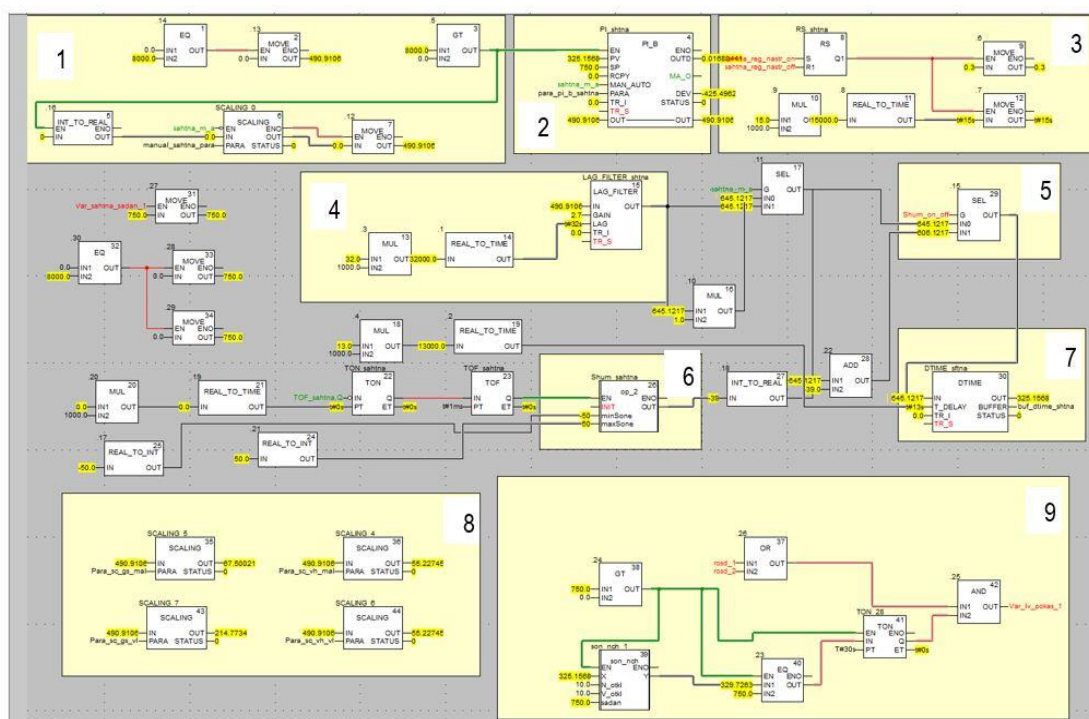
1. Для чого призначена шахтна піч?
2. Який функціональний блок користувача створено у проекті?
3. Чому при програмуванні генерації випадкових збурень для змінної OUT використовується тип *DINT*.
4. Яке завдання реалізоване у секції «PI_reg» за допомогою тригерів R_Trigger та арифметичних функцій SUB і ADD?
5. Який коментар мають функціональні блоки LAG_FILTER і DTIME, що за допомогою них запрограмовано?
6. Анімація чого запрограмована в секції «Anim» і, як вона працює?

ДОДАТОК 8.1 Опис програмних секцій моделювання роботи САР температури шахтної печі в UNITY PRO.

Д8.1.1. Структура програмного забезпечення. Для реалізації даної задачі використовуються один функціональний блок користувача і 3 секції (рис.Д8.1.1): функціональний блок користувача «op_2» – для формування випадкових збурень в системі автоматизації, секція "PI_reg" – для програмування ПІ-регулятора і алгоритму керування його настройками, секція «Obj» – для імітації роботи об'єкта автоматизації, секція «Anim» – для анімації операторського екрану.



Д8.1.2 Загальний вигляд FBD-програми моделювання роботи системи автоматизації шахтної печі.



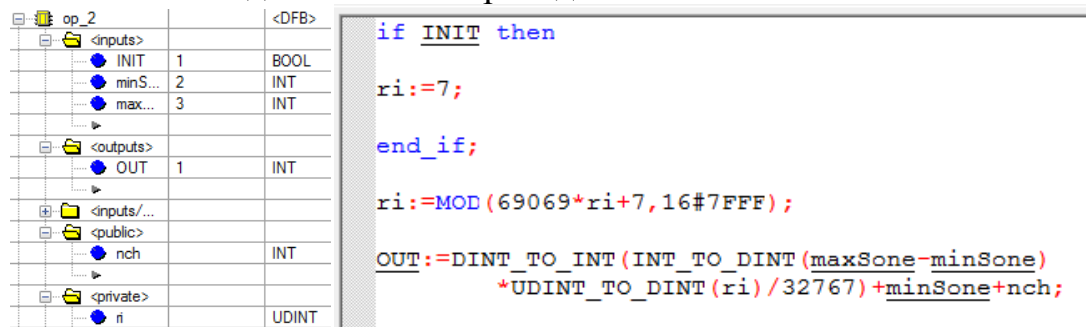
Функціональний блок 1 реалізує пуск програми в роботу, блоками 2 і 3 запрограмовані ПІ регулятор і алгоритм керування його настройками. Інерційною ланкою 4 і транспортним запізнюванням 7 представлена шахтна піч. Формування збурень, що випадково з'являються у системі регулювання,

реалізовано у блоці 6, а у фрагменті 8 вихідні сигнали регуляторів перетворюється у реальну витрату газу та повітря, що надходять до пальників. Дозвіл на злив розплаву з шахтної печі реалізовано у блоці 9.

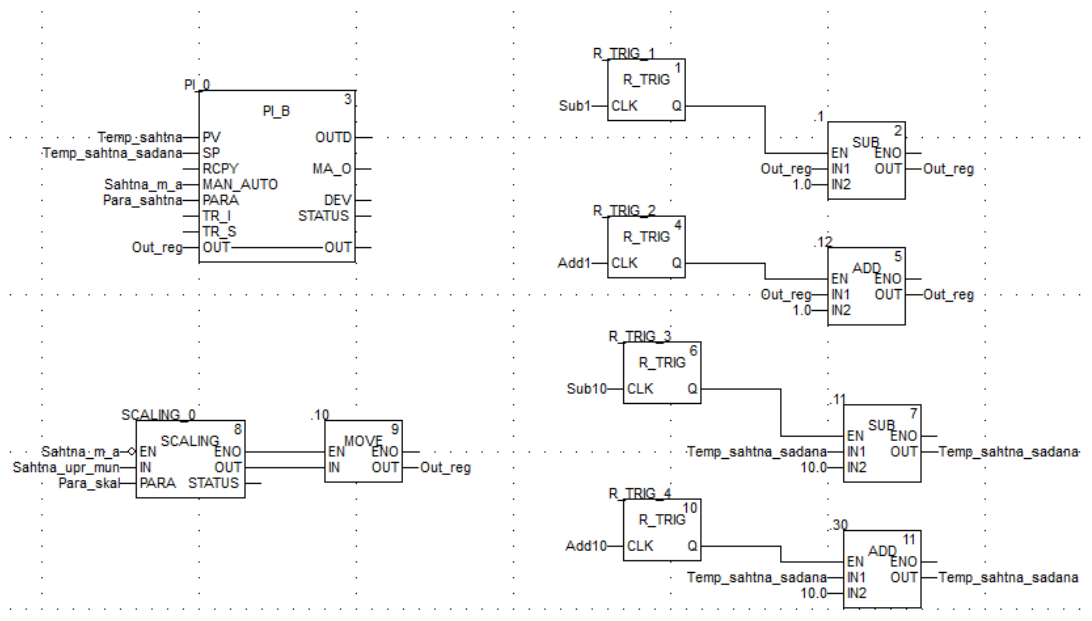
Д8.1.3. Функціональний блок користувача «ор_2» по формуванню випадкових збурень.

Для генерації цілих чисел у діапазоні $0-M$ випадкова величина r розраховується за формулою: $r_{i+1} = MOD(kr_i + b, M)$, де r_{i+1} – значення випадкової величини на новому циклі перерахунку, M, k, b – коефіцієнти, r_0 – початкове значення. При ініціалізації програми користувача - $r_i = r_0 = 7$, в іншому випадку r_i береться з попереднього розрахунку, $M = 2^{31} - 1 = 16\#7FFF, 69069, b = 7$, MOD – залишок від ділення першого операнду на другий.

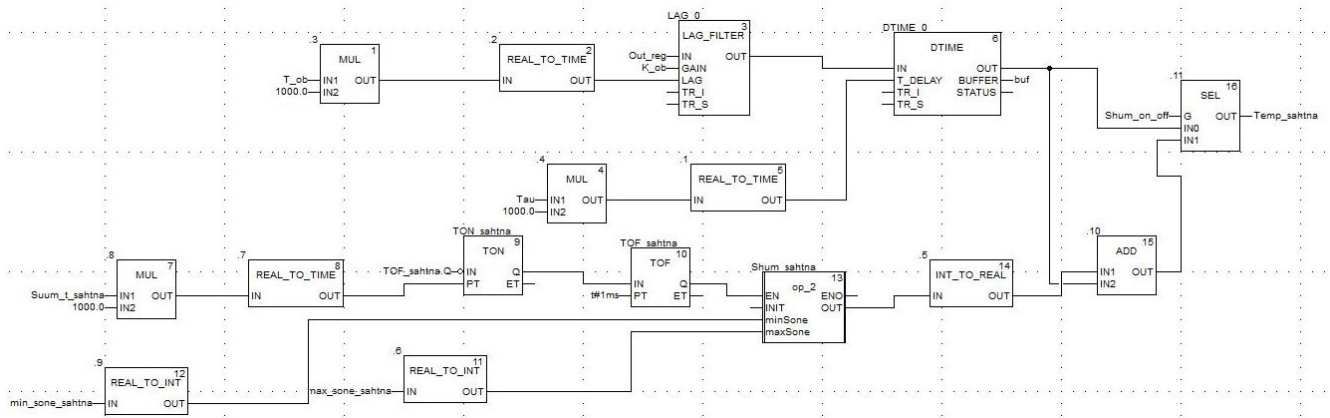
Далі проводиться масштабування сгенерованого числа за лінійним законом і вказаними межами для збурення ($minSone, maxSone$). Для коректності операцій множення та ділення вони проводяться з типом $DINT$.



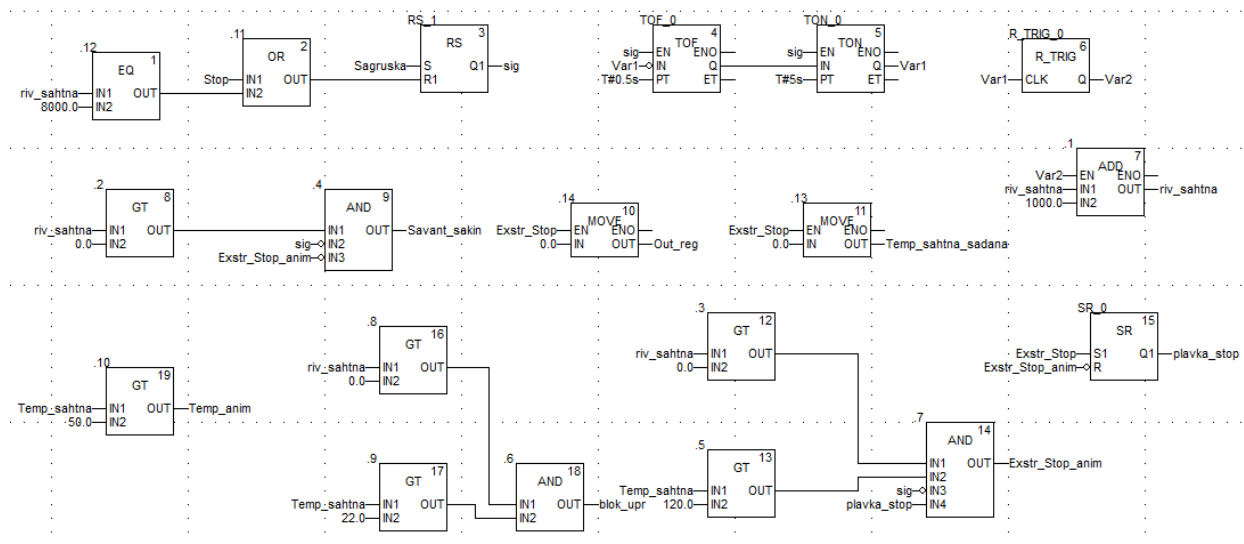
Д8.1.4. Секція реалізації ПІ-регулювання «PI_reg» на базі блоків PI_B і SCALING, а також алгоритму зміни завдання регулятора (+10,-10) та сигналу ручного керування (+1,-1) на екрані оператора.



Д8.1.5. Секція об'єкта автоматизації «Obj» з кодами формування корисного сигналу на базі функціональних блоків LAG_FILTER і DTIME та випадкових збурень з використанням функціонального блока користувача «ор_2».



Д8.1.6. Секція анімації операторського екрану з розрахунком процесу завантаження печі ломом вагою 1000 кг через кожні 5с до повного наповнення 8000кг, а також блокування цього процесу після початку плавлення металу та екстрений останов



Лабораторна робота 8.2. Створення програмного забезпечення імітації роботи САР довжини заготовки перед прокатним станом

Мета: ознайомитися з операторським вікном візуалізації ливарної машини і прокатного стану АСУТП виробництва алюмінієвої катанки та основами створення системи автоматичного регулювання довжини заготовки в середовищі UNITY PRO.

Загальна постановка завдання. Необхідно створити проект в UNITY PRO для реалізації поставленої задачі. Налаштування системи автоматичного регулювання та дослідження якості її роботи виконати за допомогою готового програмного операторського екрану.

Опис об'єкта 2. У другому вікні імітаційної моделі АСУТП виробництва алюмінієвої катанки показані ливарна машина із заготовкою та прокатний стан

з пультами керування роботою агрегатів і приладами, що показують значення регульованих параметрів (рис.8.7).

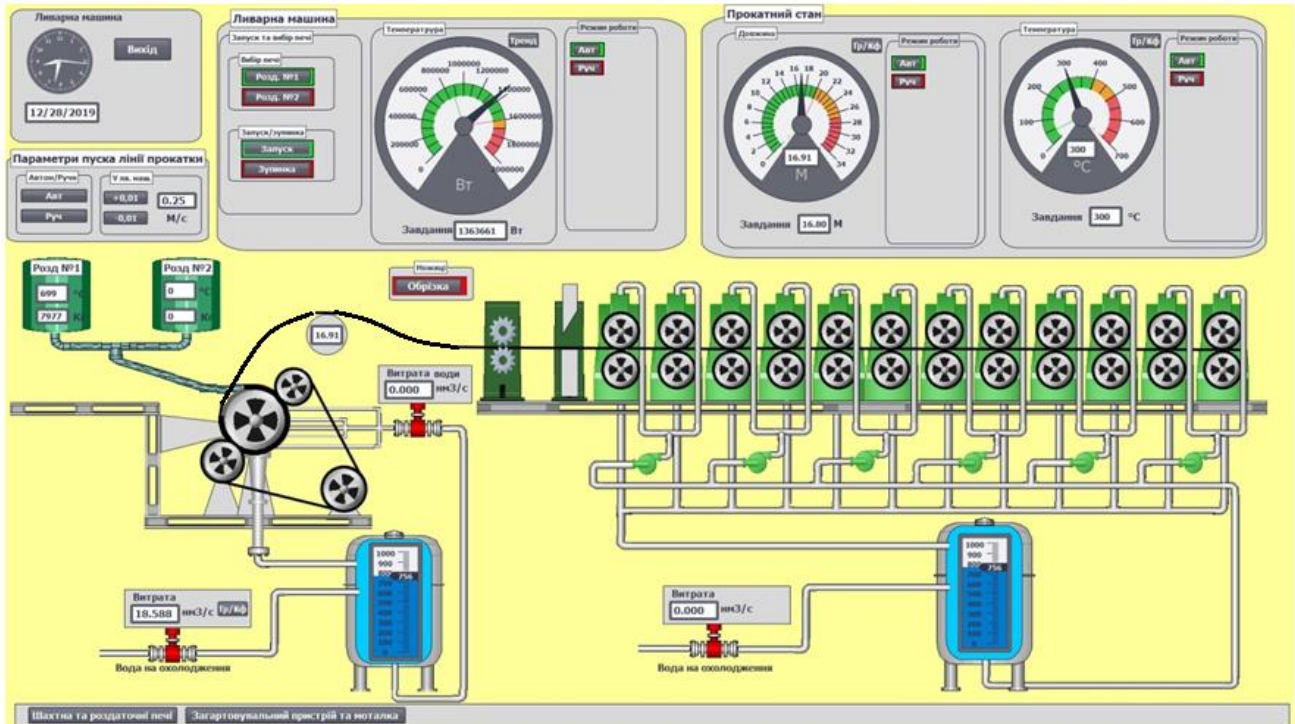


Рисунок 8.7– Вікно візуалізації ливарної машини та прокатного стану

Програмне забезпечення цього вікна дозволяє в реальному масштабі часу здійснити з анімацією вмикання в роботу ливарної машини та прокатного стану, керування їх швидкістю в ручному режимі, відслідковування вторинними приладами значень контрольованих і регульованих параметрів, формування траєкторії руху катанки від кристалізатора до прокатного стану, відрізання гідравлическими ножицями бракованої частини заготовки та автоматичне регулювання теплового режиму кристалізатора, довжини заготовки і температури катанки після прокатного стану.

Перед виконанням лабораторної роботи ознайомтесь з додатком Д8.2.

1) Запустити на виконання UNITY PRO. Створити новий проект з ПЛК М340 на базі центрального процесора BMX Р34 2000 02.70 CPU340-20 Modbus.

2) Імпортувати операторський екран:

Project Browser -> контекстне меню Operator Screens -> Import-> "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК_Довж\Screen_dlinna. XCR".

3) Активізувати можливість використання динамічних масивів:

Меню Tools->Project Settings-> Variables->виставити опцію "Allow Dynamic Arrays" .

4) Імпортувати змінні:

Project Browser -> Variables & FB Instances -> Import "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК\ Variables_dlinna.XSY".

5) Імпортувати програмну секцію: **Project Browser -> Program-> Tasks -> Mast -> контекстне меню Sections -> Import "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК\Program_dlinna.XPG".**

6) Після імпорту змінних, ознайомитись з їх призначенням (рис.8.8).

Variables			
DDT Types Function Blocks DFB Types			
Filter			
Name = *			
Name	Type	Value	Comment
add2	BOOL		+1 до величини завдання в автоматичному режимі
add2_0	BOOL		+1 до величини завдання в автоматичному режимі
add5	BOOL		+5 до виходу регулятора в ручному режимі
add5_0	BOOL		+5 до виходу регулятора в ручному режимі
D_katan	REAL	8.0	Діаметр катанки
D_katan_0	REAL	8.0	Діаметр катанки
Dovgina_sag	REAL		Довжина заготовки
Dovgina_sag...	REAL		Довжина заготовки
N_stana	REAL		Швидкість прокатного стану
out	REAL		Вихід регулятора
out_0	REAL		Вихід регулятора
out_m_a	REAL		////Допоміжна змінна////
out_m_a_0	REAL		////Допоміжна змінна////
para_pi_b_pr...	Para_PI_B		Параметри регулятора
Pr_stan_dov...	REAL		Початкова велечина завдання
Pr_stan_dov...	REAL		Початкова велечина завдання
Pr_stan_mas...	BOOL	TRUE	Режим роботи руч/авт
Q_vh	REAL	1253.0	?????????
Q_vh_0	REAL	1253.0	?????????
red_green	BOOL		////Допоміжна змінна////
red_green_0	BOOL		////Допоміжна змінна////
Start_Pr_stan	BOOL		Старт
Start_Pr_stan...	BOOL		Старт
Stop_Pr_stan	BOOL		Стоп
Stop_Pr_stan...	BOOL		Стоп
sub1	BOOL		-1 до величини завдання в автоматичному режимі
sub1_0	BOOL		-1 до величини завдання в автоматичному режимі
sub5	BOOL		-5 до виходу регулятора в ручному режимі
sub5_0	BOOL		-5 до виходу регулятора в ручному режимі
T_sag_Lv_m...	REAL	450.0	температура заготовки на виході з прокатного стану
T_sag_Lv_m...	REAL	450.0	температура заготовки на виході з прокатного стану
temp_rosd_1	REAL	750.0	Температура розплаву на вході в ливарне колесо
temp_rosd_2	REAL	750.0	Температура розплаву на вході в ливарне колесо
V_lv_maswh	REAL	0.2	?????????
V_lv_maswh_0	REAL	0.2	?????????
var_1	BOOL		////Допоміжна змінна////
Var_Nosn_1	BOOL		////Допоміжна змінна////
Var_Nosn_2	BOOL		////Допоміжна змінна////

Рисунок 8.8. –Змінні проекту

7) Активізувати екран оператора і ознайомитись з його структурою, рис.8.9:

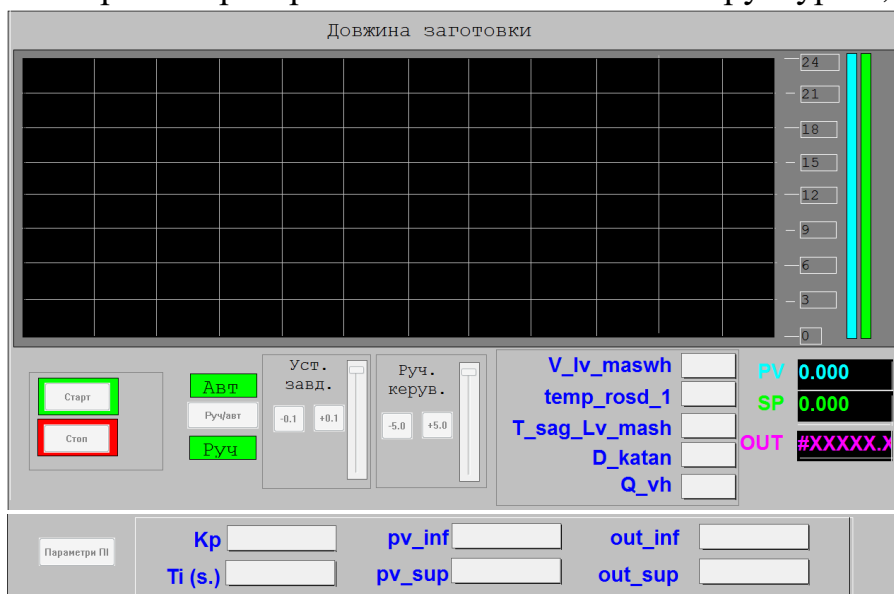


Рисунок 8.9 – Екран оператора

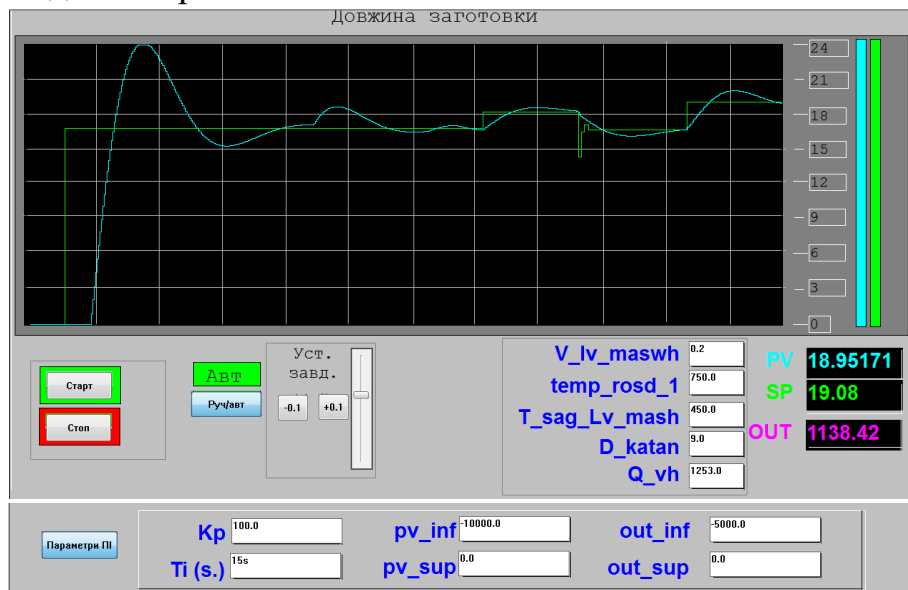
8) Доопрацювати програму секції «dlin_zag» контуром автоматичного регулятора довжини заготовки, користуючись варіантом приведеним у додатках Д8.2.5.

Увага! Використовувати вже існуючі (імпортовані) змінні та екземпляри функціональних блоків, інакше операторський екран не буде функціонувати!

9) Перевірити проект на наявність помилок. Якщо помилки є - виправити і знову перевірити проект.

10) Скомпілювати проект і завантажити його в симулятор ПЛК.

11) За допомогою панелі управління дослідити якість регулювання довжини заготовки при заданому її значенні 16,8 м і параметрах об'єкта автоматизації та настройок регулятора, що встановлені за замовчуванням. Окрім того спостерігати за перехідним процесом системи регулювання при 2-3 інших значеннях параметрів об'єкта і регулятора ($\pm 3-5\%$ від встановлених за замовчуванням) і зробити відповідні висновки про якість регулювання. Екран оператора при дослідженні САР довжини заготовки приведено на рис.8.10.



Рисунок– 8.10. Екран оператора при автоматичному регулюванні

Аналіз одержаних результатів

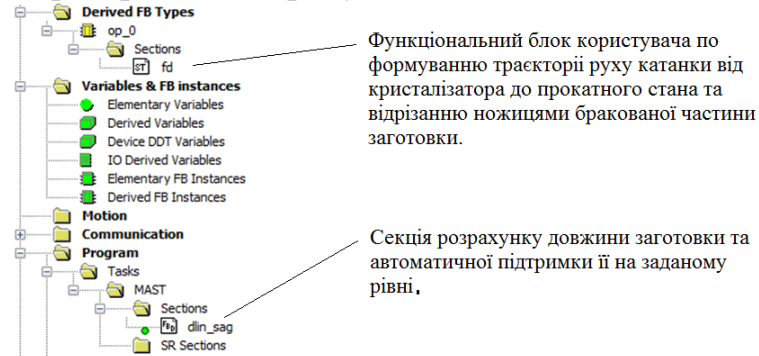
Викладачем перевіряється виконання поставленого завдання. Студент повинен пояснити FBD-програму регулювання довжини заготовки, дати характеристику задіяним функціональним блокам і зробити висновки за проведеними дослідженнями.

Запитання для самоперевірки

1. Яке призначення має і як працює ливарне колесо при виробництві катанки?
2. Яку структуру має програмне забезпечення проекту?
3. Як в програмі контролюється поточна довжина заготовки?
4. Як коментується функціональний блок move?
5. Як впливає на якість регулювання довжини заготовки змінення настройок регулятора та параметрів об'єкта?
- 6.

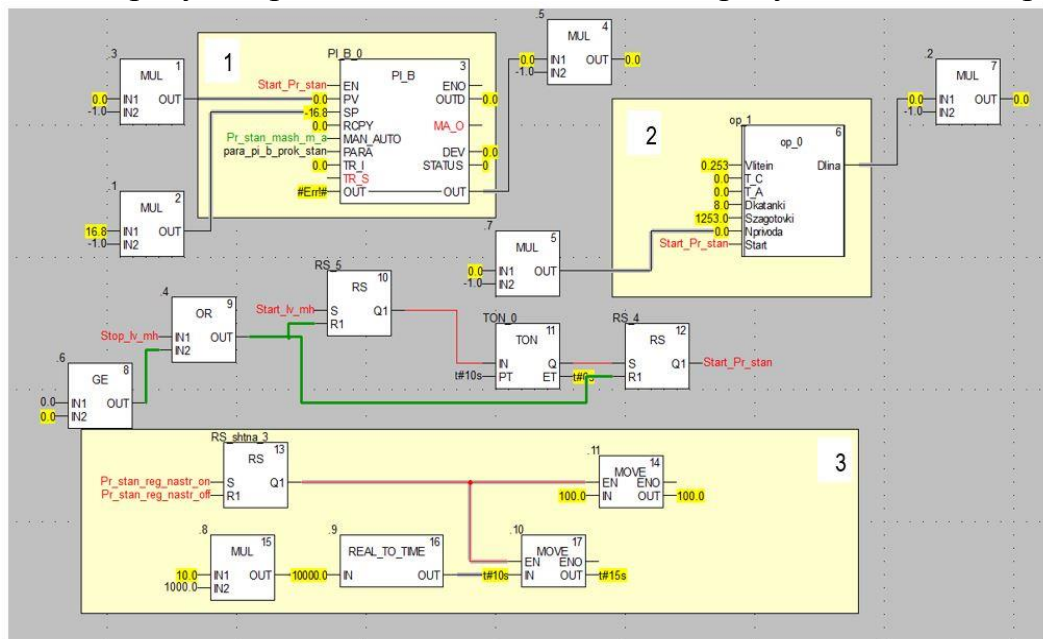
ДОДАТОК 8.2 Опис програмних секцій імітації формування заготовки та автоматичного регулювання її довжини в UNITY PRO.

Д8.2.1 Структура програмного забезпечення проекту. Для реалізації даної задачі використовуються один функціональний блок користувача і одна секція (рис.Д8.2.1): функціональний блок користувача «op_0» – для формування траєкторії руху катанки від кристалізатора та відрізання ножицями бракованої частини, а секція "dlin_sag" – для розрахунку довжини заготовки між кристалізатором і прокатним станом та автоматичної підтримки її на заданому рівні, а також анімації операторського екрану.



Д8.2.2. Загальний вигляд FBD-програми імітації формування заготовки та автоматичного регулювання її довжини.

Програма імітації роботи системи автоматичного регулювання довжини заготовки. Основними у її структурі є функціональні блоки, що формують петлю заготовки та розраховують її довжину між ливарним колесом і прокатним станом 2, моделюють ПІ-регулятор 1 і надають можливість коригувати його настройки 3.



Д8.2.3 Блок розрахунку поточної довжини заготовки «op_0», за формулою
$$L = L_{заг.} + \left(V_L \cdot c_1 (T_C - T_A) + V_L - \frac{c_2 n}{\lambda} \right) \cdot k \Delta t$$
, а також керування роботою механічних ножиць, за допомогою яких відрізаються перші 10 метрів неякісної заготовки на початку роботи ливарного колеса.

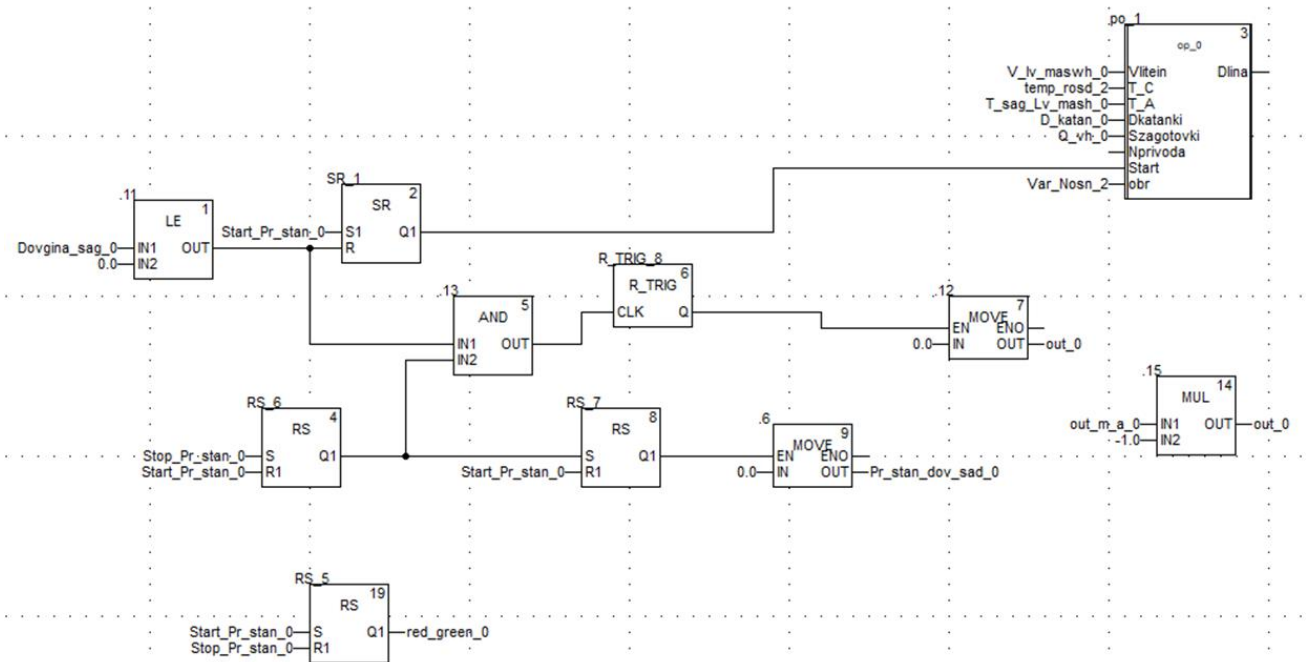
op_0		<DFB>	
<inputs>			
Vltein	1	REAL	0.253
T_C	2	REAL	450.0
T_A	3	REAL	700.0
Dkat...	4	REAL	9.0
Szag...	5	REAL	1253.0
Npriv...	6	REAL	1309.7
Start	7	BOOL	
obr	8	BOOL	
<outputs>			
Dlina	1	REAL	
<inputs/...>			
<public>			
c1		REAL	2.200000E-005
c2		REAL	0.00338
dLT		REAL	
dLM		REAL	

```

if Start then
dLT:=Vltein*c1*(T_C-T_A);
dLM:=Vltein*c2*(Nprivoda*(-1.0))*3.14*(Dkatanki*Dkatanki)/(4.0*Szagotvki);
Dlina:=Dlina+(dLT+dLM)*0.1;
else
Dlina:=0.0;
end_if;
if obr then
Dlina:=Dlina+10.0;
end_if;

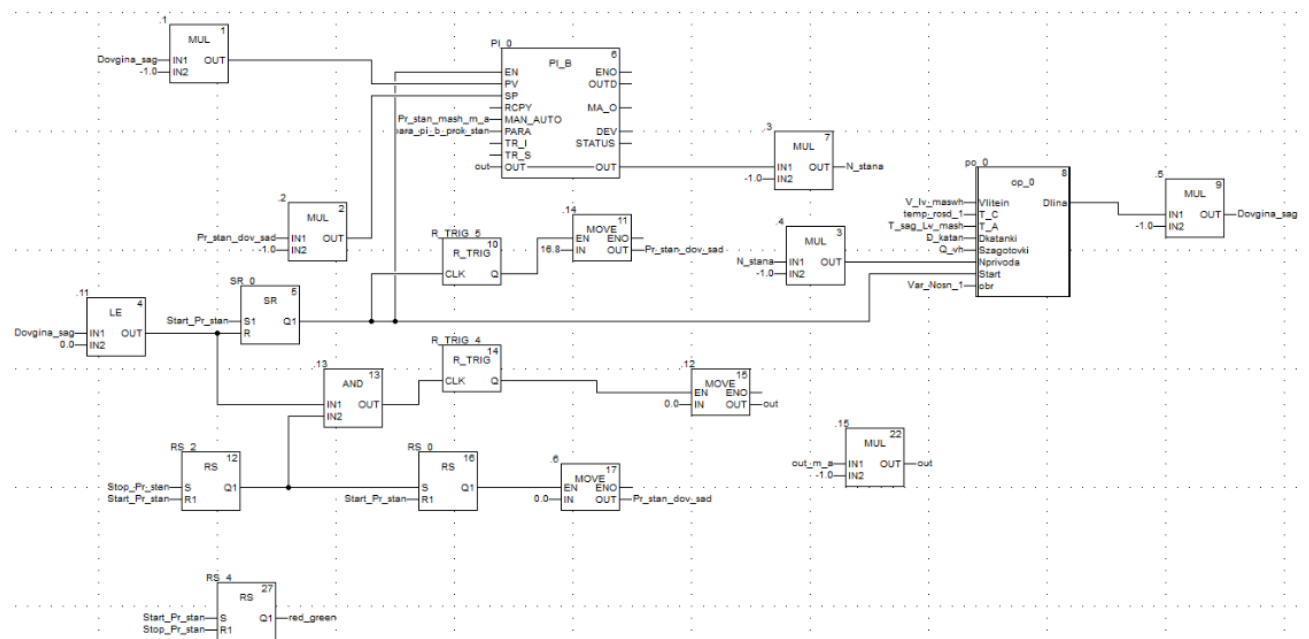
```

Д8.2.4. Фрагмент програмного коду секції «dlin_zag», що забезпечує керування процесом розрахунку довжини заготовки в блоці «ор_0»:

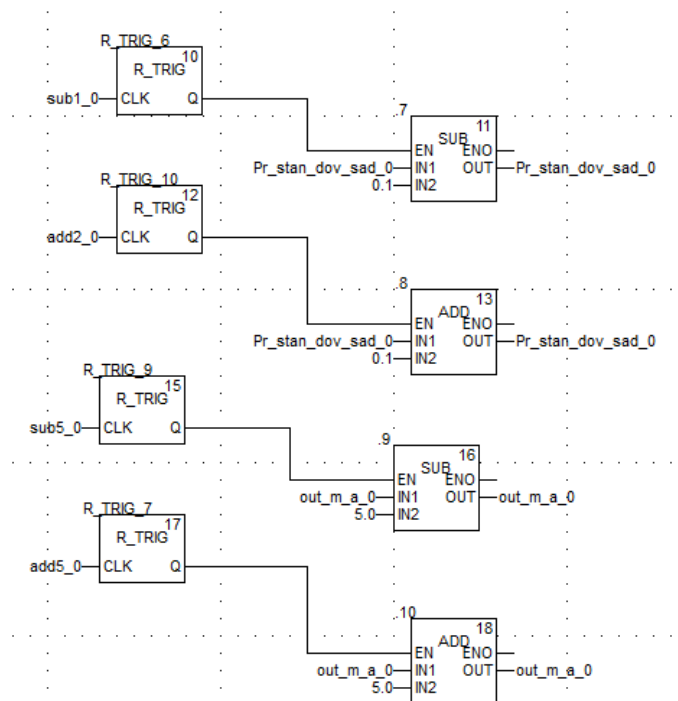


Д8.2.5. Повний програмний код секції імітації автоматичного регулювання довжини заготовки «dlin_zag».

Основна частина:



Додатковий фрагмент програмного коду секції «dlin_zag», що забезпечує на екрані оператора зміни завдання регулятора (+10,-10) та сигналу ручного керування (+1,-1).



Лабораторна робота 8.3. Дослідження роботи імітаційної моделі САР теплового режиму кристалізатора

Мета: ознайомитися з основами створення системи автоматичного регулювання теплового режиму кристалізатора із залученням функціональних блоків користувача в середовищі UNITY PRO та дослідити якість її роботи.

Загальна постановка завдання. Необхідно створити проект в UNITY PRO для реалізації поставленої задачі. Налаштування системи автоматичного регулювання та дослідження якості її роботи виконати за допомогою готового програмного операторського екрану.

Опис об'єкта. Імітаційна модель АСУТП виробництва алюмінієвої катанки з ливарною машиною, заготовкою, прокатним станом, а також пультами керування роботою агрегатів і приладами, що показують значення регульованих параметрів приведена у розділі 8.2 на рис.8.7.

Перед виконанням лабораторної роботи ознайомтесь з додатком Д8.3.

Из-за сложности импортировать секции программы, думаю надо сделать так: Импортировать операторский экран, секцию «lv_mash», переменные, а студентам задание - создать функциональные блоки пользователя «op1», «op2», «op_2» и «SmlevelCyl». Тогда будет так:

1) Запустити на виконання UNITY PRO. Створити новий проект з ПЛК M340 на базі центрального процесора BMX P34 2000 02.70 CPU340-20 Modbus.

2) Імпортувати операторський екран:

Project Browser -> контекстне меню Operator Screens -> Import-> "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК_Тепл_Реж\Screen_teplo.XCR".

3) Активізувати можливість використання динамічних масивів:

Меню Tools->Project Settings-> Variables->виставити опцію "Allow Dynamic Arrays" .

4) Імпортувати програмну секцію: Project Browser -> Program-> Tasks -> Mast -> контекстне меню Sections -> Import "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК_Тепл_Реж \Program_teplo.XPG".

5) Імпортувати змінні:

Project Browser -> Variables & FB Instances -> Import "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК_Тепл_Реж \ Variables_ teplo.XSY".

6) Після імпорту змінних, ознайомитись з їх призначенням (рис.8.11).

Name	Type	Value	Comment
dr	ARRAY[0..6000] OF REAL		Буфер обміу для роботи
Kp_reg_Lv_mash	REAL	0.001	Кр регулятора
lag_f_gain_Lv_mash	REAL	0.9	К объекта регулювання
lag_f_t_Lv_mash	REAL	25.0	Т объекта регулювання
Lv_mash_m_a	BOOL	TRUE	Режим роботи (Ручний/Автоматичний)
Lv_mash_reg_nastr_off	BOOL		Вимкнути налаштування регулятора
Lv_mash_reg_nastr_on	BOOL		Увімкнути налаштування регулятора
Lv_mash_shum_on_off	BOOL		Увімк./Вимк збурення
manual_Lv_mash	INT		Управління роботою в ручному режимі
manual_Lv_mash_para	Para_SCALING		Маштабування значень для роботи системи в ручному режимі
max_sone_Lv_mash	REAL		Максимальна амплітуда збурення
min_sone_Lv_mash	REAL		Мінімальна амплітуда збурення
out_regtemp_Lv_mash	REAL		Вихід регулятора
para_pi_b_Lv_mash	Para_PI_B		Налаштування регулятора
Qsag_Lv_mash	REAL		Теплота заготовки
Qsag_Lv_mash_sadan	REAL	1363660.5	Задана кількість теплоти
Qsag_Lv_mash_sadan_v...	REAL		////////Допоміжна змінна////////
start	BOOL		Старт
stop	BOOL		Зупинка
Suum_Lv_mash_t	REAL		Час формування збурення
t_dtime_Lv_mash	REAL	14.0	Транспортне запізнення
T_sag_Lv_mash	REAL		Температура заготовки
Ti_reg_Lv_mash	REAL	25.0	Ti регулятора
V_lv_maswh	REAL	0.2	Швидкість ливарної машини
Var_1_Lv_mash	BOOL		////////Допоміжна змінна////////
Var_d	REAL		////////Допоміжна змінна////////

Рисунок 8.11. –Змінні проекту

7) Активізувати екран оператора і ознайомитись з його структурою, рис.8.12:

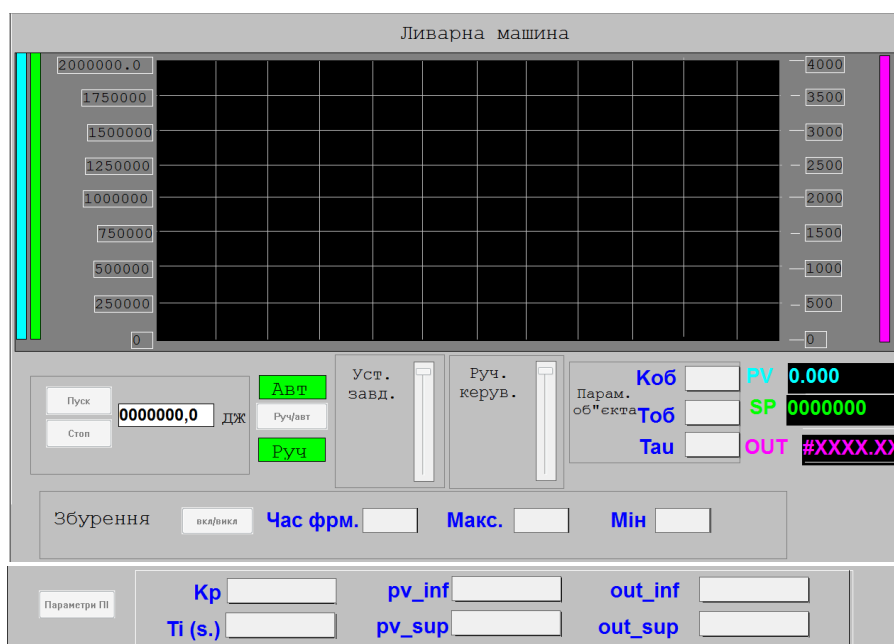


Рисунок 8.12 – Екран оператора

- 8) Створити 4 функціональних блоки користувача (див.додаток Д8.3.3):
- функціональний блок розрахунку кількості теплоти «ор1», що виноситься із заготовкою з кристалізатора (див.додаток Д8.3.4);
 - функціональний блок розрахунку кількості теплоти «ор2», що втрачається з охолодною водою (див.додаток Д8.3.5);
 - функціональний блок генерації випадкових чисел «ор_2», для імітації випадкових збурень(див.додаток Д8.3.6);
 - функціональний блок розрахунку **чого?** «SmlevelCyl» (див.додаток Д8.3.7);

Увага! Використовувати вже існуючі змінні та екземпляри функціональних блоків, інакше операторський екран не буде функціонувати!

9) Перевірити проект на наявність помилок. Якщо помилки є - виправити і знову перевірити.

10) Скомпілювати проект і завантажити його в симулятор ПЛК.

11) За допомогою панелі управління, рис.8.13, дослідити якість регулювання теплового режиму кристалізатора при 2-3 інших параметрах об'єкта і настройках регулятора ($\pm 3-5\%$ від установлених за замовчуванням) та активізації збурень, що випадково з'являються у системі автоматизації.

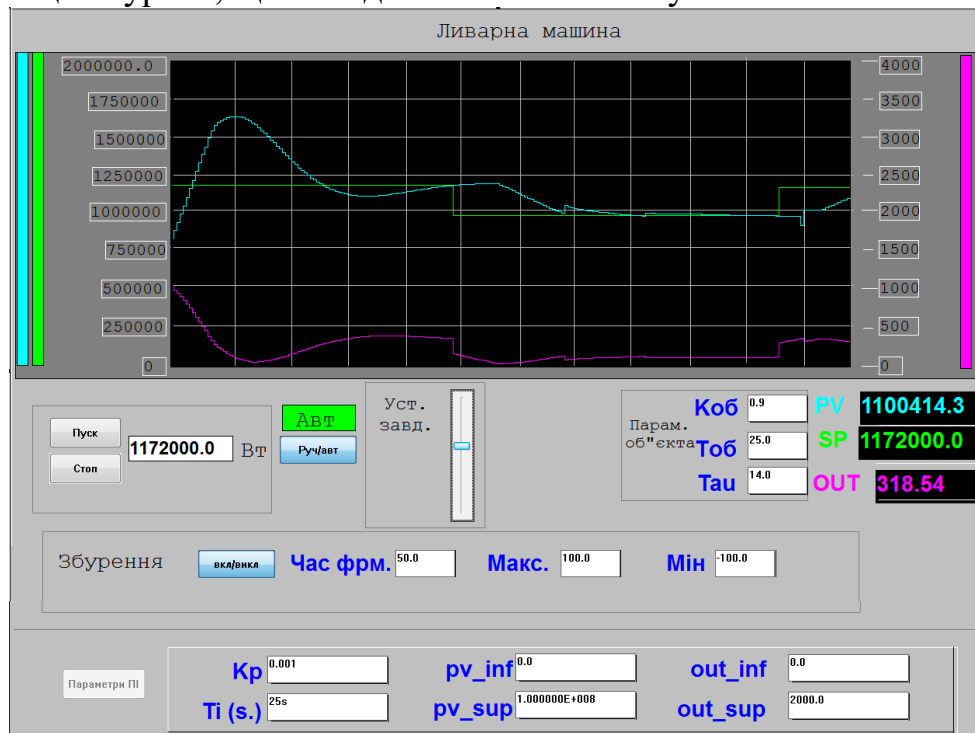


Рисунок 8.13– Екран оператора при автоматичному регулюванні

Аналіз одержаних результатів

Викладачем перевіряється виконання поставленого завдання. Студент повинен пояснити FBD-програму регулювання теплового режиму кристалізатора, дати характеристику задіяним функціональним блокам і зробити висновки за проведеними дослідженнями.

Запитання для самоперевірки

1. Чому ливарне колесо також має назву кристалізатор?
2. Чим пояснюється необхідність створення чотирьох функціональних блоків користувача?
3. Як створюється функціональний блок користувача в UNITY PRO?
4. Як розраховується кількість теплоти, що виноситься із заготовкою з кристалізатора.
5. Прокоментуйте секцію "lv_mash".
6. Як працює блок налаштувань регулятора?

ДОДАТОК 8.3 Опис програмних секцій імітаційної моделі автоматичного регулювання теплового режиму кристалізатора в UNITY PRO.

Д8.3.1 Структура програмного забезпечення проекту. Для реалізації даної задачі використовуються чотири функціональних блока користувача і одна секція (рис.Д8.2.1): функціональний блок користувача «op1» – для розрахунку кількості теплоти, що виноситься із заготовкою з кристалізатора, функціональний блок користувача «op2» – для розрахунку кількості теплоти, що втрачається з охолодною водою, функціональний блок користувача «op_2» – для генерації шумів, що накладаються на корисний сигнал, функціональний блок користувача «SmlevelCyl» – для розрахунку ?, а секція "lv_mash" – для імітації системи автоматичного регулювання теплового режиму кристалізатора та анімації операторського екрану.

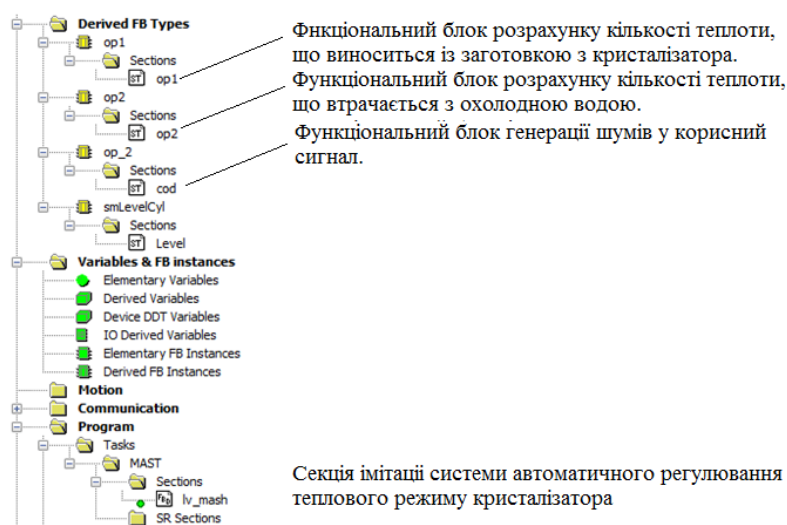
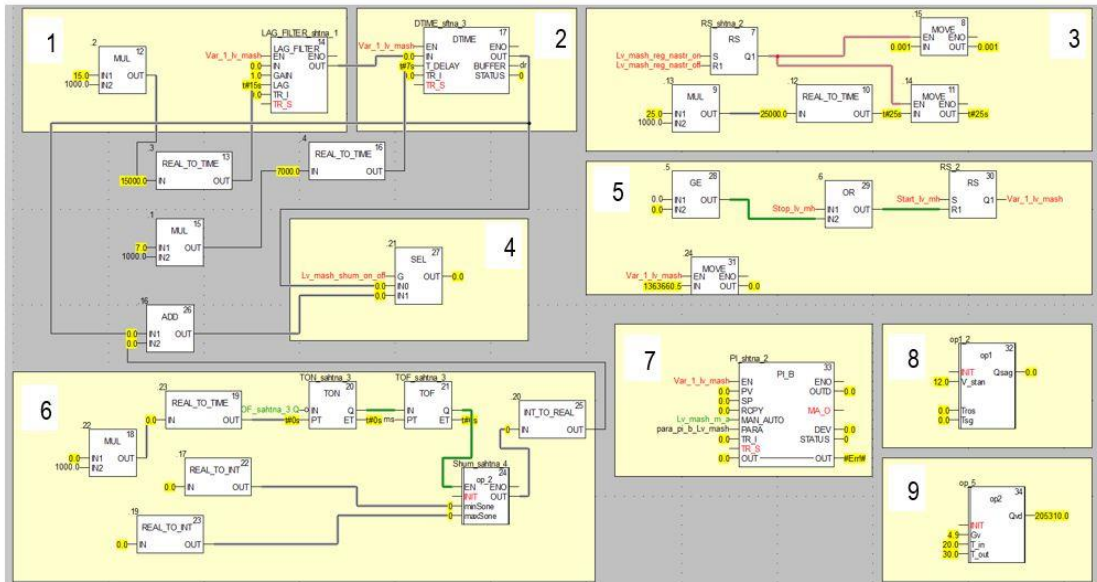


Рисунок Д.8.3.1 – Структура програмного забезпечення проекту.

Д8.3.2. Загальний вигляд FBD-програми імітації роботи системи автоматичного регулювання теплового режиму кристалізатора.

Програма регулювання теплового режиму кристалізатора за розрахованими значеннями кількості теплоти, що виноситься із заготовкою з кристалізатора, і кількості теплоти, що втрачається з охолодною водою:



Програма включає 9 основних фрагментів: моделі кристалізатора 1 і транспортного запізнювання 2, блоки формування 6 і увімкнення 4 збурень, блоки розрахунку кількості теплоти, що виноситься із заготовкою з кристалізатора 8, і кількості теплоти, що втрачається з охолодною водою 9, та блоки ПІ-регулятора 37 і зміни його настройок 3.

Д8.3.3 Створення функціональних блоків користувача (DFB).

Для використання функціональних блоків користувача в Unity Pro, спочатку у розділі проекту Derived FB Types розробляється DFB-тип, на основі якого потім створюються екземпляри. Екземпляри функціональних блоків користувача створюються та використовуються аналогічно EFB.

Процес створення DFB типу схожий на створення структурного DDT. При цьому вказується ім'я типу, описується інтерфейс та внутрішня структура типу (рис.Д8.3.2). Інтерфейс блока (формальні параметри) описується входами (Inputs) виходами (Outputs) та входами і виходами (Inputs/Outputs), використання яких у програмі аналогічно як для елементарних функціональних блоків. На рис.Д8.3.2 показано створення DFB-типу, для якого описані 4 вхідні формальні параметри (Start, LS1, LS2, ManPump) та один вихідний (M1). Порядок розміщення інтерфейсних параметрів вказується у властивості «по».

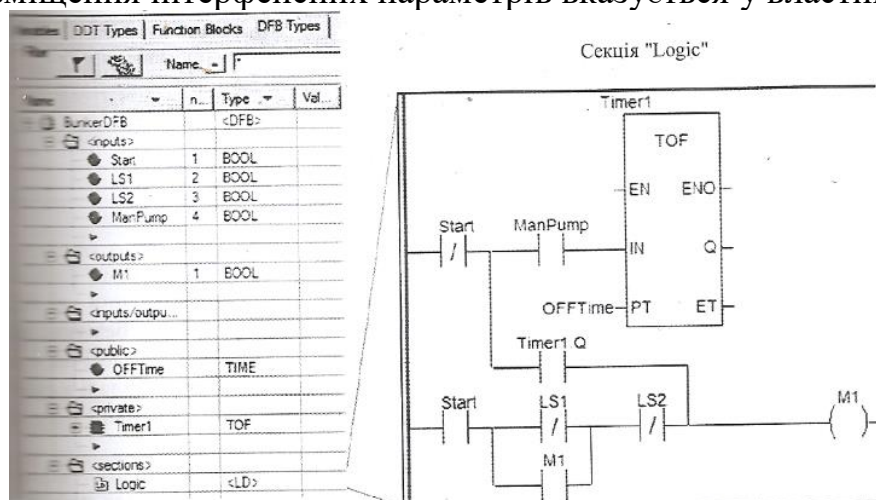
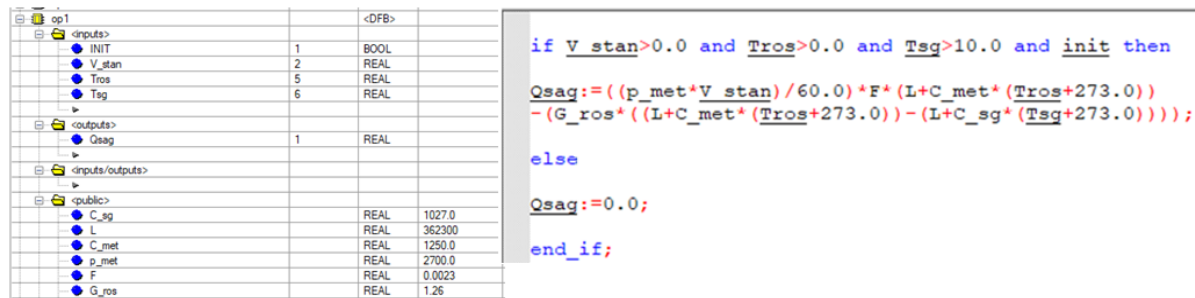


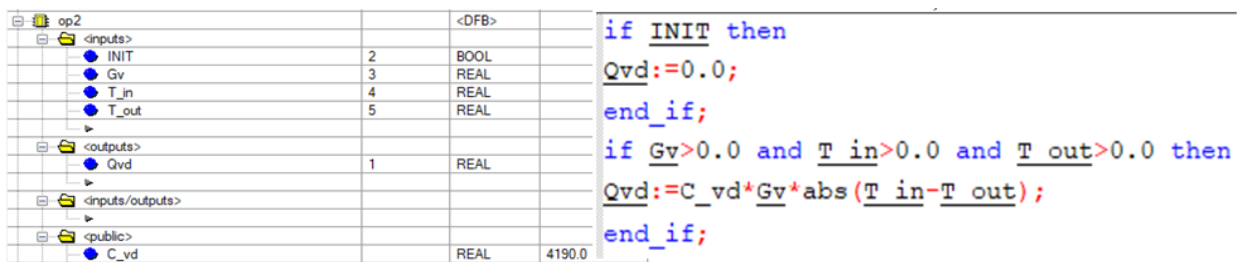
Рисунок рис.Д8.3.2 – Створення типу функціонального блока користувача DFB.

Програма функціонального блока описуються в розділі Sectins. Секції можуть бути створені з використанням мов LD, ST, IL або FBD. У секціях можна використовувати тільки входи, виходи, входи/виходи, локальні змінні або екземпляри та глобальні змінні функціонального блока, бібліотечні функції і процедури. Дозволяється також використовувати системні біти та слова. На рис. Д8.3.2 функціональний блок вміщує тільки одну програмну секцію – «Logic».

Д8.3.4 Функціональний блок розрахунку кількості теплоти «ор1», що виноситься із заготовкою з кристалізатора за формулою

$$Q_{\text{заг}} = \rho \frac{V}{60} \cdot F \cdot h_{\text{роз}} - G_{\text{роз}} \cdot (h_{\text{роз}} - h_{\text{заг}}) :$$


Д8.3.5 Функціональний блок розрахунку кількості теплоти «ор2», що втрачається з охолодною водою, за формулою $Q_{\text{вод}} = c_v \cdot G_v \cdot \Delta T_v$:

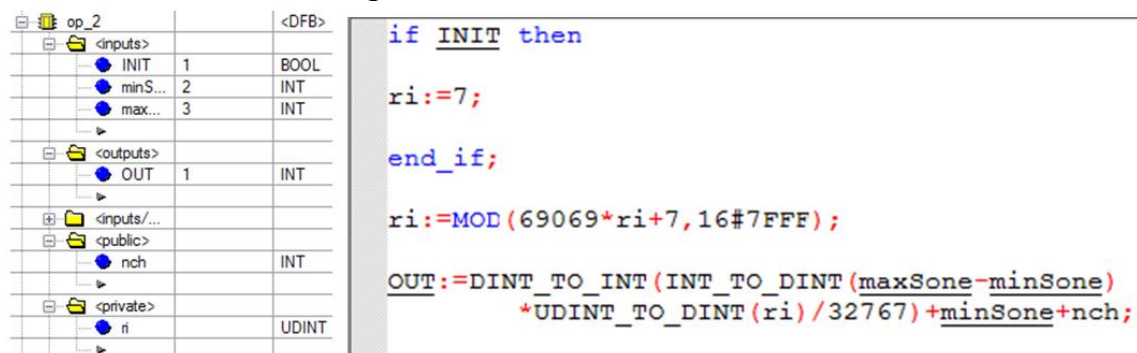


Д8.3.6 Функціональний блок генерації випадкових чисел «ор_2», для імітації випадкових збурень.

Для генерації цілих чисел у діапазоні 0-M випадкова величина r розраховується за формулою: $r_{i+1} = \text{MOD}(kr_i + b, M)$,

де r_{i+1} – значення випадкової величини на новому циклі перерахунку, M, k, b – коефіцієнти, r_0 – початкове значення. При ініціалізації програми користувача - $r_i = r_0 = 7$, в іншому випадку r_i береться з попереднього розрахунку, $M = 2^{31} - 1 = 16\#7FFF, 69069, b = 7$, MOD – залишок від ділення першого операнда на другий.

Далі проводиться масштабування згенерованого числа за лінійним законом і вказаними межами для збурення (minSone , maxSone). Для коректності операцій множення та ділення вони проводяться з типом DINT .



Д8.3.7 Функціональний блок розрахунку рівня «smLevelCyl» (Что за расчёт уровня?)

smLevelCyl		<DFB>	
<inputs>			
INIT	1	BOOL	
Fin1	2	REAL	
Fin2	3	REAL	
Fout	4	REAL	
<outputs>			
L	1	REAL	
<public>			
d_t		REAL	0.1
V0		REAL	0.0
Vmax		REAL	10000.0
S		REAL	10.0
V		REAL	8000.0

```

if INIT then V:=V0;

else

V:=V+d_t*(Fin1+Fin2-Fout);

if V<0.0 then V:=0.0; end_if;

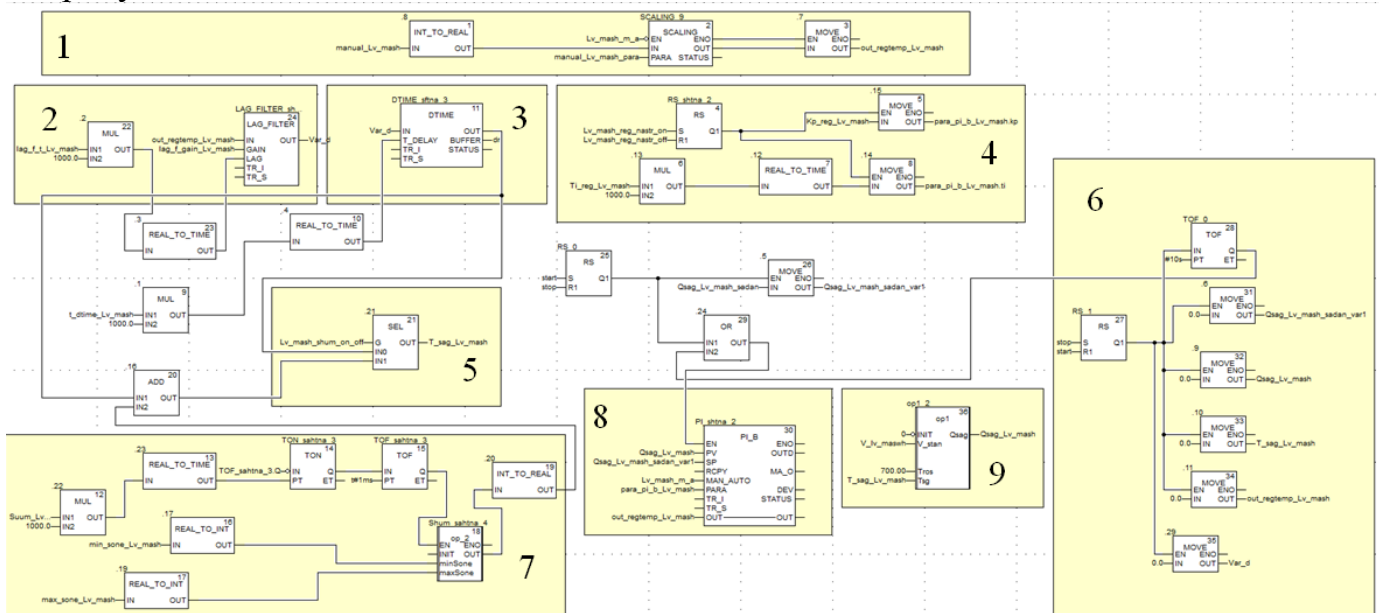
if V>Vmax then V:=Vmax; end_if;

L:=V/S;

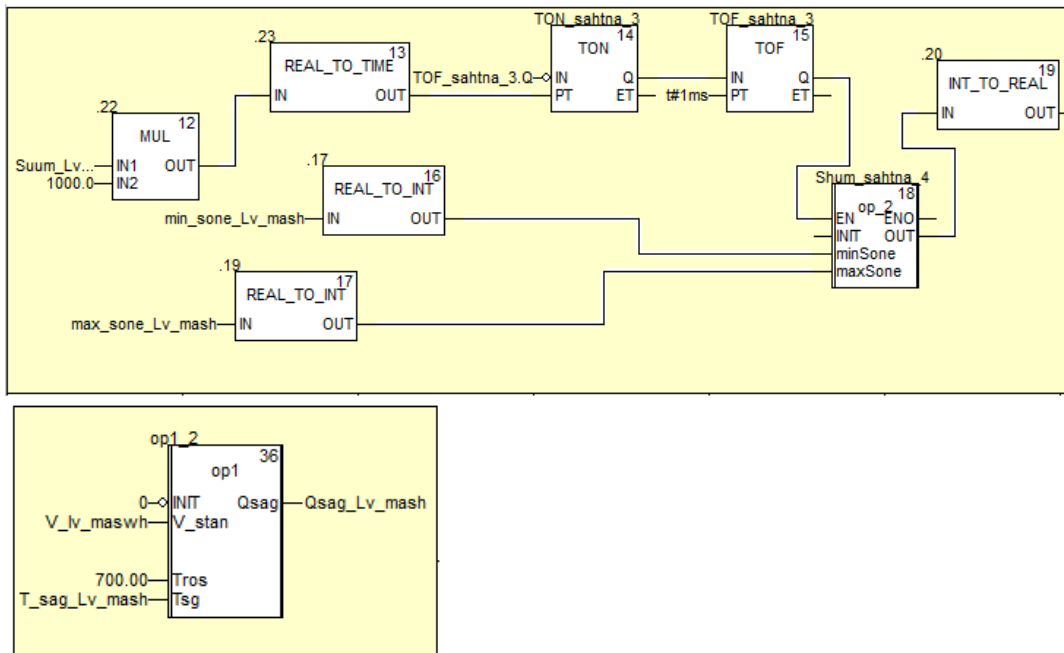
end_if;

```

Д8.3.8 Секція "lv_mash" – для імітації системи автоматичного регулювання теплового режиму кристалізатора та анімації операторського екрану.



Програма включає 9 основних фрагментів: **что 1** ? моделі кристалізатора 2 і транспортного запізнювання 3, встановлення настройок ПІ регулятора з операторського екрану 4, увімкнення 5 та формування випадкових збурень 7, зупинки та старту всієї програми 6, розрахунку кількості теплоти, що виноситься із заготовкою з кристалізатора 9, ПІ-регулятора 8.



Лабораторна робота 8.4. Створення програмного забезпечення імітації роботи системи автоматичного керування швидкістю виткоутворювача моталки.

Мета: ознайомитися з операторським вікном візуалізації пристрою для гартування й охолодження катанки і здвоєної моталки кошикового типу АСУТП виробництва алюмінієвої катанки та основами створення системи автоматичного керування швидкістю виткоутворювача моталки в середовищі UNITY PRO.

Загальна постановка завдання. Необхідно створити проект в UNITY PRO для реалізації поставленої задачі. Налаштування системи автоматичного керування та дослідження якості її роботи виконати за допомогою готового програмного операторського екрану.

Опис об'єкта 3. У третьому вікні імітатора представлено пристрій для гартування й охолодження катанки та здвоєна моталка кошикового типу. Також передбачені візуальні засоби контролю та керування відповідними технологічними параметрами (рис.8.12).

З пульта оператора за допомогою кнопок можна увімкнути в роботу та вимкнути моталку, настроїти її роботу на відповідний діаметр катанки із заданим кроком укладання. При цьому на екрані відбувається емуляція її роботи та графік зміни швидкості виткоутворювача залежно від установлених параметрів формування бунта.

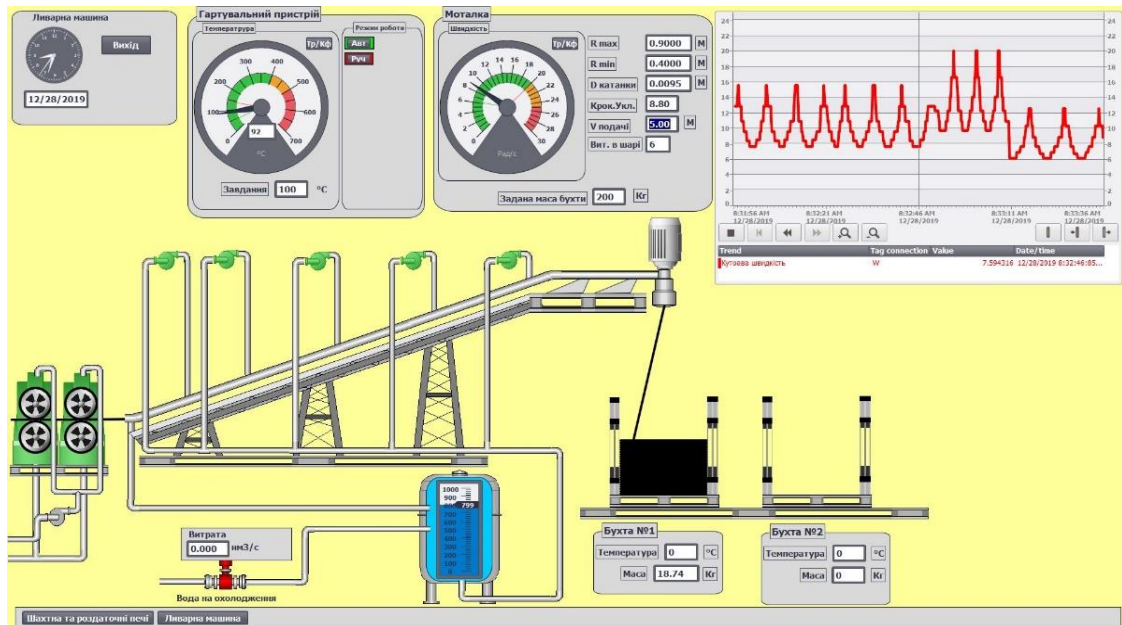


Рисунок 8.12 – Вікно візуалізації гартувального пристрою та моталки

Перед виконанням лабораторної роботи ознайомтесь з додатком Д8.4.

Из-за существующей сложности, думаю надо сделать так: Импортировать операторский экран, переменные, секцию программы «Obj», а студентам задание - создать функциональные блоки пользователя «mas_kat», «N_K», «V_ugl_max» і «V_ugl_min». Тогда будет так:

1) Запустити на виконання UNITY PRO. Створити новий проект з ПЛК M340 на базі центрального процесора BMX P34 2000 02.70 CPU340-20 Modbus.

2) Імпортувати операторський екран:

Project Browser -> контекстне меню Operator Screens -> Import-> "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК_Мотал\Screen.XCR".

3) Активізувати можливість використання динамічних масивів:

Меню Tools->Project Settings-> Variableless->виставити опцію "Allow Dynamic Arrays" .

4) Імпортувати програмну секцію: **Project Browser -> Program-> Tasks -> Mast -> контекстне меню Sections -> Import "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК_Мотал\Program.XPG".**

5) Імпортувати змінні:

Project Browser -> Variables & FB Instances -> Import "Робочий стіл\тека Лаб_ПрПК_Мотал\ Variables.XSY".

6) Після імпорту змінних, ознайомитись з їх призначенням (рис.8.13).

Name	Type	Value	Comment
a	REAL	8.8	Крок укладання витків
D_kat_mot	REAL	0.0095	Діаметр катанки
dop_1	BOOL		Допоміжна змінна
dop_2	BOOL		Допоміжна змінна
dop_3	BOOL		Допоміжна змінна
i	REAL		Допоміжна змінна
i_2	REAL		Допоміжна змінна
Mas_1_shar	REAL		Маса одного шару
mas_b2	REAL		Допоміжна змінна
mas_sadan	REAL	50.0	Задана маса бухти
mas_tek	REAL		Поточна маса бухти
N	INT		Кількість витків у одному шарі
N_TEK	INT		Поточний виток
Otgr_buht	BOOL		Допоміжна змінна
out_regtem_s...	REAL		Допоміжна змінна
R_max	REAL	0.9	Максимальний радіус
R_min	REAL	0.3	Мінімальний радіус
Shsr	INT		Допоміжна змінна
St_kn	BOOL		Допоміжна змінна
Start	BOOL		Старт
Stop	BOOL		Стоп
Stop_lv_mh	BOOL		Допоміжна змінна
Str_kn	BOOL		Допоміжна змінна
time_1	TIME		Час для кожного значення кутової швидкості
time_2	TIME		Час для кожного значення кутової швидкості
V_pod	REAL	6.2	Швидкість подачі
Var1_motal	BOOL		Допоміжна змінна
var2	BOOL		Допоміжна змінна
Var2_motal	BOOL		Допоміжна змінна
var3	BOOL		Допоміжна змінна
var4	BOOL		Допоміжна змінна
var5	BOOL		Допоміжна змінна
Var_ctu	BOOL		Допоміжна змінна
var_Sagr_pstr	BOOL	FALSE	Допоміжна змінна
W	REAL		Загальна кутова швидкість
W_1	REAL		Кутова швидкість обертання проводки, рад/с
W_2	REAL		Кутова швидкість обертання проводки, рад/с

Рисунок 8.13 – Змінні проекту

7) Активізувати екран оператора і ознайомитись з його структурою:

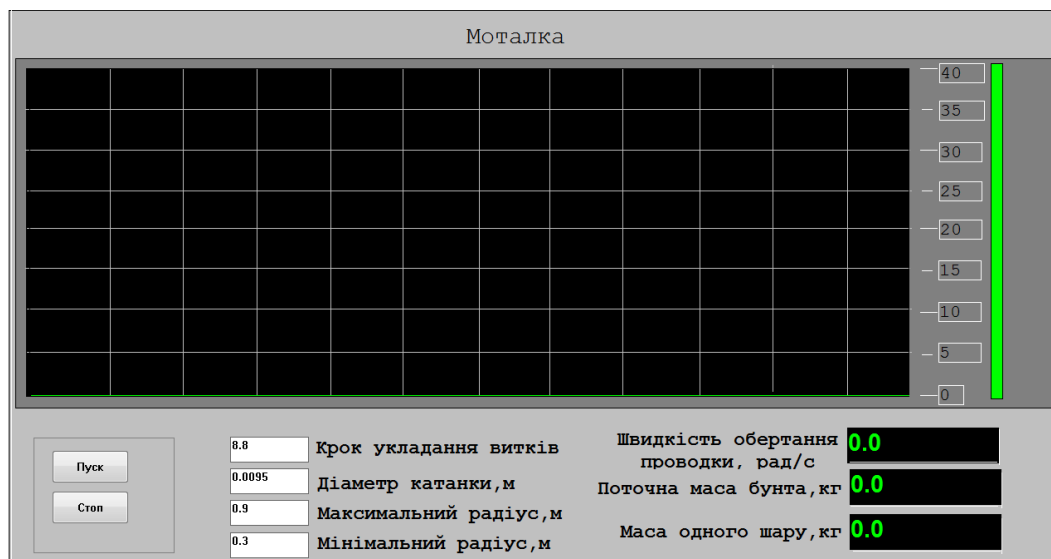


Рисунок –8.14 Екран оператора.

8) Перевірити проект на наявність помилок. Якщо помилки є повторити пункти 1-7 знову.

9) Створити 4 функціональні блоки користувача програму «mas_kat», «N_K», «V_ugl_max» і «V_ugl_min», користуючись варіантами, що приведені у додатках Д8.4.3, Д8.4.4, Д8.4.5.

Увага! Використовувати вже існуючі (імпортовані) змінні та екземпляри функціональних блоків, інакше операторський екран не буде функціонувати!

10) Скопіювати проект і завантажити його в симулятор ПЛК.

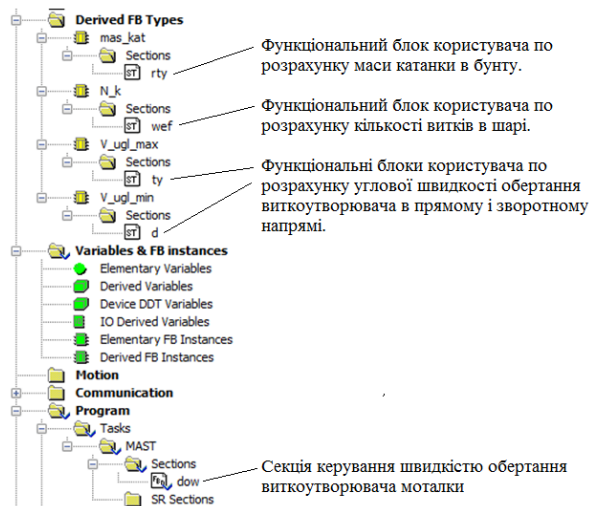
11) За допомогою панелі управління, рис.8.15, дослідити якість керування укладанням катанки в бунт при діаметрах 0,0095м і 0,012 м та кроці укладання витків у шарі 8,8; 7,0;5,0.



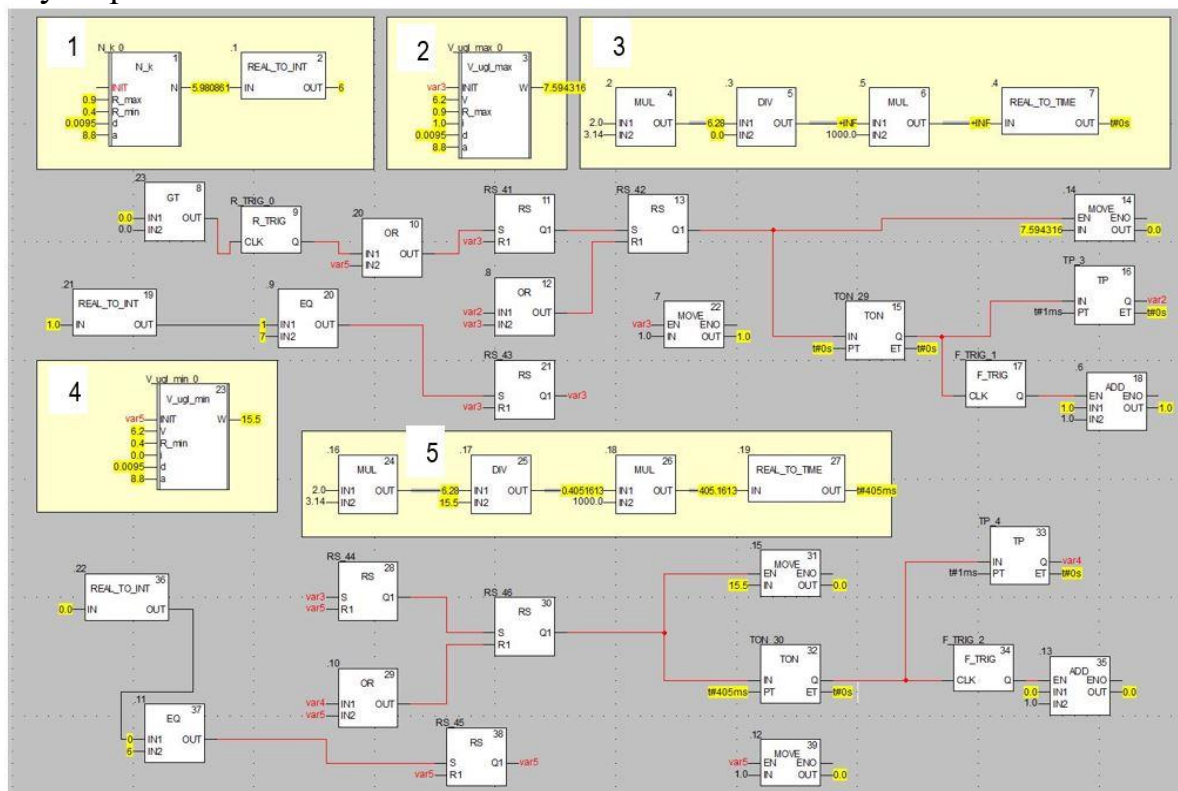
Рисунок– 8.15. Екран оператора при автоматичному регулюванні

ДОДАТОК 8.4 Опис програмних секцій імітації роботи системи автоматичного керування швидкістю виткоутворювача моталки в UNITY PRO.

Д8.4.1 Структура програмного забезпечення проекту. Для реалізації даної задачі використовуються чотири функціональних блока користувача і одна секція (рис.Д8.3.1): функціональний блок користувача «mas_kat» – для розрахунку маси катанки в бунту, функціональний блок користувача «N_K» – для розрахунку кількості витків у шарі, функціональний блок користувача «V_ugl_max» – для розрахунку кутової швидкості обертання виткоутворювача у прямому напрямі, «V_ugl_min»– для розрахунку кутової швидкості обертання виткоутворювача у зворотному напрямі, а секція «dow» – для імітації автоматичного керування швидкістю виткоутворювача моталки і анімації операторського екрану.



Д8.4.2. Код програми формування бунту катанки і керування швидкістю виткоутворювача моталки:



У блоці 1 розраховується кількість витків у шарі, у блоках 2 і 4– кутова швидкість проводки виткоутворювача при укладанні витків, відповідно, від периферії до центру і навпаки, а у блоках 3 і 5 розраховується час формування витків при кожній швидкості виткоутворювача.

Д8.4.3 Функціональний блок користувача «mas_kat» по розрахунку маси катанки, що укладена в бунт, за формулою $m_s = l \frac{\pi d^2}{4} \cdot \rho$,

де l – довжина середнього витка бухти катанки; d – діаметр катанки; ρ – густина алюмінію.

mas_kat		<DFB>	
inputs			
R_max	1	REAL	
R_min	2	REAL	
d	3	REAL	
init	4	BOOL	
n	5	REAL	
outputs			
m	1	REAL	
m_s	2	REAL	
inputs/...			
public			
pi		REAL	3.14
ro		REAL	2700.0
Rcp		REAL	
l		REAL	
private			
sections			
sh	ity	<ST>	

```

s ty <DFB> : [mas_kat]

If init=1 then
m:=0.0;
else
Rcp:=(R_max+R_min)/2.0;

l:=2.0*pi*Rcp;

m:=(1*((pi*d*d)/4.0))*ro*n;

m_s:=(1*((pi*d*d)/4.0))*ro;
end_if;

```

Д8.4.4 Функціональний блок користувача «N_K» по розрахунку кількості витків у шарі за формулою $m = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{d \cdot \alpha}$,

де R_{\max} – радіус максимального витка; R_{\min} – радіус мінімального витка; d – діаметр катанки, α – крок укладання витків.

N_k		<DFB>	
inputs			
INIT	1	BOOL	
R_max	2	REAL	
R_min	3	REAL	
d	4	REAL	
a	5	REAL	
outputs			
N	1	REAL	
inputs/...			
public			
N0		REAL	
private			
sections			
wef		<ST>	

```

s wef <DFB> : [N_k]

If init then

N:=N0;

end_if;

N:=(R_max-R_min)/(a*d);

```

Д8.4.5 Функціональні блоки користувача «V_ugl_max» і «V_ugl_min» по розрахунку кутової швидкості обертання виткоутворювача для i -того витка бунта за формулою $\varpi_i = \frac{V}{R_{\max(\min)} \mp (i-1)d \cdot \alpha}$,

де V – швидкість подачі катанки, R_{\max} – радіус максимального витка; R_{\min} – радіус мінімального витка; d – діаметр катанки, α – крок укладання витків.

V_ugl_max		<DFB>	
inputs			
INIT	1	BOOL	
V	2	REAL	
R_max	3	REAL	
i	4	REAL	
d	5	REAL	
a	6	REAL	
outputs			
W	1	REAL	
inputs/...			
public			
V0		REAL	0.0
private			
sections			
ty		<ST>	

```

s ty <DFB> : [V_ugl_max]

If init=1 then

W:=0.0;

else

W:=V/(R_max-i*d*a);

end_if;

```

V_ugl_min		<DFB>	
inputs			
INIT	1	BOOL	
V	2	REAL	
R_min	3	REAL	
i	4	REAL	
d	5	REAL	
a	6	REAL	
outputs			
W	1	REAL	
inputs/...			
public			
V0		REAL	0.0
private			
sections			
d		<ST>	

```

s d <DFB> : [V_ugl_min]

If init=1 then

W:=0.0;

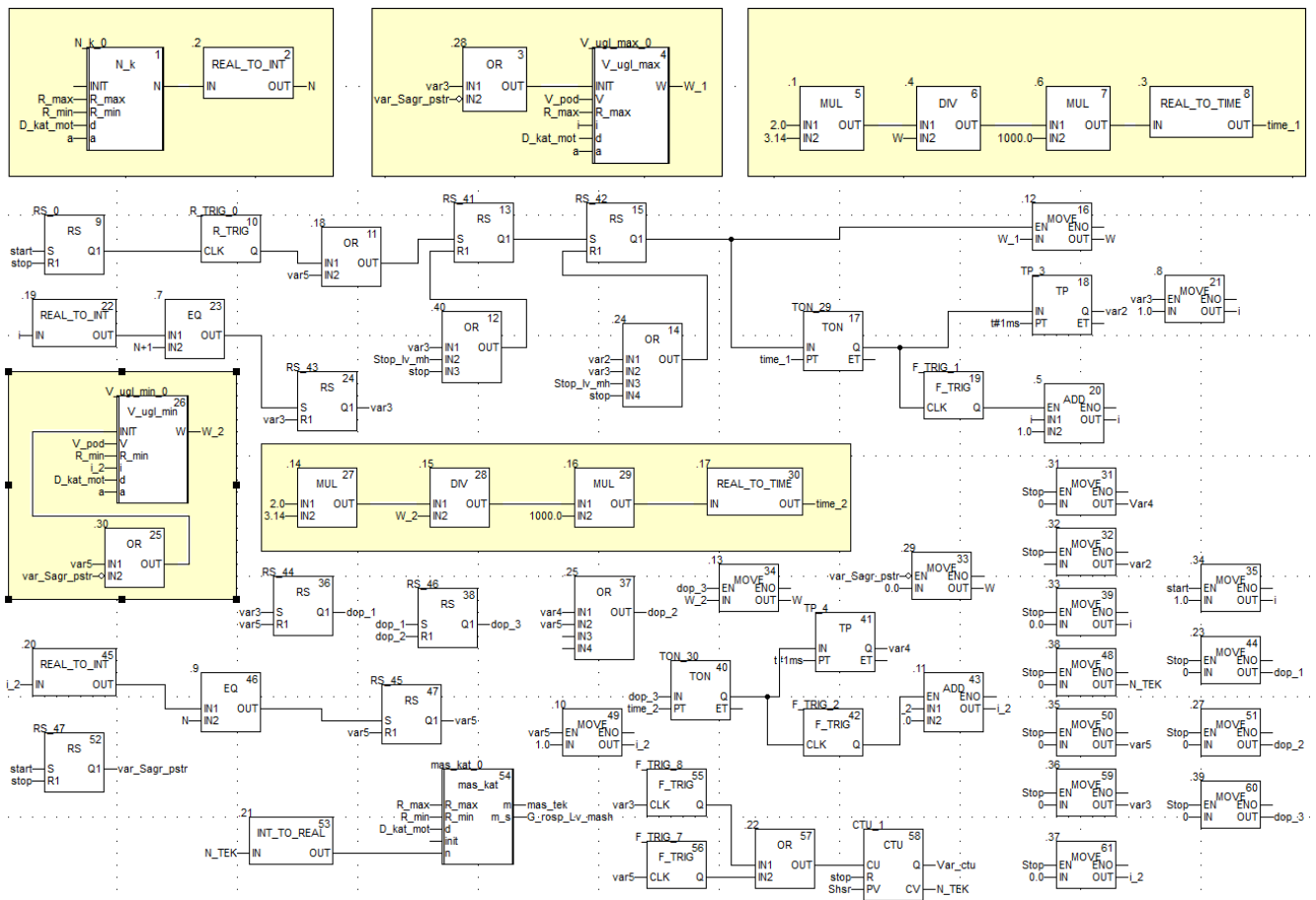
else

W:=V/(R_min+i*d*a);

end_if;

```

Д8.4.6 Секція коду програми формування бунту катанки і керування швидкістю виткоутворювача моталки



Надо вкратце прокомментировать, что к чему.

Аналіз одержаних результатів

Викладачем перевіряється виконання поставленого завдання. Студент повинен пояснити FBD-програму керування укладанням катанки в бунт, дати характеристику задіяним функціональним блокам і зробити висновки за проведеними дослідженнями.

Запитання для самоперевірки

1. За якими розрахунками відбувається автоматичне керування укладанням катанки у бунти?
2. Прокоментувати програмний код секції «dow».
3. Як створюється функціональний блок користувача?
4. Прокоментувати фрагмент програми розрахунку часу формування витків при кожній швидкості виткоутворювача.
5. Які результати виконаних досліджень?
6. Що запрограмовано у жовтих прямокутниках секції «dow»?