

() _____ , _____

« _____ » _____ « _____ »
()

_____ () _____ () _____ () _____ ()

« _____ » _____ 20 . « _____ » _____ 20 .

151 « _____ , _____ - _____ »
()

- « _____ , _____ - _____ »

: _____

-51

: _____ 2 , _____ 2

_____ (, ,) ()

_____ (, ,) ()

_____ () _____ ()

_____ () _____ ()

_____ () _____ ()

_____ () _____ ()

,

.

_____ ()

« _____ »
151 « _____ , - _____ »
- « _____ , - _____ »
_____»

_____ . . .
«27» КВІТНЯ 2020 .

1. _____ (_____ , ' , _____)
: _____
_____ -51

_____ , " . . .
(_____ , ' , _____ , _____)
_____ «27» 2020 . 270-

2. _____ « 18 » 2020 .

3. _____ , _____ , _____ .

4. _____ (_____)
. 1. _____ , _____ . 1.1. _____ ,
. 1.2. _____ . 2.
. 2.1. _____ ,
(_____) (_____) . 2.2.
. 2.3. _____ . 3.
(_____) _____ .

3.1. _____ (_____) . 3.2.
_____ . 3.3.
. 4. _____ .

5. _____ .

() . 6. -

. 6.1.

SCADA/HMI. 6.2.

7. ' . 7.1.

. 7.2. '

. 7.3. . 7.4.

.

5.

1. 2. .

3. .

6. 27 2020 .

1		-	
2	1	-	
3	2	1	
4	3	2	
5	4 5	3	
6	6 7	4	
7		5	
8		6	

_____ ()

_____ ()

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації процесу кристалізації цукру на цукровому заводі на базі ПЛК МІК-51Н.

В роботі розроблена проектна документація на систему автоматизації, в склад якої входить: опис технологічного об'єкта керування, схема автоматизації, специфікація на засоби автоматизації, принципова схема підключення до програмованого логічного контролера МІК-51Н, замовна специфікація елементів контролера, креслення встановлення вимірювального засобу, опис спеціального програмного забезпечення для МІК-51Н, людинно-машинний інтерфейс для даного процесу.

Система автоматизації побудована на основі сучасних уніфікованих технічних засобів автоматизації, програмованим логічним контролером обрано Мікрол типу МІК-51Н, розроблений алгоритм роботи вакуум-апарату.

Завдяки комп'ютерному моделюванню здійснили перевірку на стійкість, дослідили як поводить система за використання різних типів регуляторів окремих контурів регулювання.

Ключові слова: кристалізація, утфель, вакуум-апарат, система автоматизації, людинно-машинний інтерфейс, комп'ютерне моделювання.

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

ANNOTATION

Qualification work is devoted to the development of a system for automating the process of crystallization of sugar at a sugar factory on the basis of PLC MIK-51N.

The project documentation for automation system is developed in the work, which includes: description of technological control object, automation scheme, specification for automation means, schematic diagram of connection to MIC-51N programmable logic controller, custom specification of controller elements, drawing of measuring instrument installation, description of special software for MIC-51H, human-machine interface for this process.

The automation system is built on the basis of modern unified technical means of automation, Mikrol type MIK-51N is selected as a programmable logic controller, the algorithm of vacuum apparatus operation is developed.

Using computer simulations, we tested the stability, investigated how the system behaves using different types of regulators of individual control loops.

Keywords: crystallization, massecuite, vacuum apparatus, automation system, human-machine interface, computer simulation.

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

ЗМІСТ

Вступ	7
Розділ 1. Характеристика об'єкта автоматизації	12
1.1. Аналіз технологічного процесу кристалізації.....	12
1.2. Аналіз та технологічні особливості роботи вакуум-апаратів.....	14
1.3. Аналіз вакуум-апарату періодичної дії як об'єкта керування.....	19
1.4. Завдання на розробку системи автоматизації процесу кристалізації.....	22
Розділ 2. Системи автоматизації	23
2.1. Обґрунтування вибору ТЗ для вимірювання, виконавчих механізмів та регулюючих органів.....	23
2.2. Схема автоматизації.....	29
2.3. Специфікація на прилади і засоби автоматизації.....	32
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	34
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК).....	34
3.2. Загальна схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до контролера	37
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру	39
Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу	42
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для МІК-51Н	49
Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	53
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	63
7.1. Постановка задачі дослідження.....	63
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	63
7.3. Моделювання АСР.....	64
Висновок	70
Список використаних джерел	71

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Виробництво, як і будь яка інша галузь людського життя постійно перебуває в стадії розвитку та вдосконалення. Воно пройшло шлях від ручної праці до високотехнологічних систем керування. Широке застосування інформаційних технологій дало змогу зменшити, а подекуди і взагалі усунути втручання людини у виробничий процес, підвищити якість продукції і зменшити її собівартість, зменшити кількість відходів та бракованої продукції.

Механізація та автоматизація на сучасних промислових підприємствах та електростанціях мають вирішальне значення як один з основних засобів підвищення продуктивності праці, випуску продукції вищого гатунку і з меншими затратами.

При механізації ручна праця замінюється роботою механізмів, людина при цьому повинна безперервно керувати машинами, механізмами та установками або спостерігати за їх діями. Механізація підготувала шлях для автоматизації, тобто передачі функцій керування механізмами та виробничими процесами, приладами та автоматичними регуляторами. Виникли автоматичні системи регулювання процесами, які протікають безперервно.

В подальшому відбувається перехід до автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП), виробництвами (АСКВ), з використанням електронних управляючих обчислювальних машин (ЕОМ). В АСК людина в основному спостерігає за перебігом технологічного процесу. При цьому обслуговуючий персонал має можливість у будь-який момент відключити контур контролера або ЕОМ і перейти на ручне керування. Для цього використовують засоби дистанційного керування приводами, елементів обладнання. Застосування засобів сигналізації, технологічного захисту, блокування та автоматичного включення резерву (АВР) дозволяє автоматизувати і саму ліквідацію аварійних ситуацій.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

Основними позитивними наслідками автоматизації є:

- 1) об'єктивність контролю та керування, виключення впливу суб'єктивних факторів, таких як уповільнена реакція, втома, слабкість зору і т. ін.;
- 2) можливість централізації керування агрегатами і цілими виробничими комплексами практично без обмеження відстані;
- 3) ефективність використання обладнання, шляхом підвищення продуктивності агрегатів та установок за рахунок оптимізації технологічних процесів шляхом зменшення зносу обладнання та подовження матеріальних термінів за рахунок ліквідації різних змін механічних та теплових навантажень;
- 4) точне дотримання технологічних регламентів за заданими або оптимальними кількісними показниками, що забезпечує:
 - а) підвищення якості продукції;
 - б) раціональне використання палива, води, енергії, пари, допоміжних матеріалів та проміжних продуктів, також при автоматизації суттєво зменшуються витрати електроенергії на власні потреби ;
- 5) можливість керування процесами при великих швидкостях їх протікання, критичних значеннях параметрів;
- 6) надійність та безпечність роботи обладнання, попередження виникнення і розвитку аварійних ситуацій (при аварії автоматична система виключає можливість помилкових дій персоналу та не допускає її подальшого розвитку);
- 7) підвищення продуктивності та покращення умов праці, зростання кваліфікації кадрів, зменшення кількості обслуговуючого персоналу.

Сучасний розвиток виробництва цукру супроводжується все більш широким застосуванням автоматизованих систем керування технологічними процесами. Передумовами цього являються: концентрація виробництва, приріст потужностей виробництва,

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

оснащення підприємств новим обладнанням, наявність нових сучасних технічних засобів автоматизації.

Широке застосування автоматизованих систем керування обумовлюється значним економічним ефектом, який досягається за допомогою: забезпечення заданих якостей вироблених продуктів незалежно від суб'єктивних факторів, зменшення втрат цінних продуктів, зниження трудоемкості в процесі виробництва. Поряд з локальними системами керування окремими операціями і основними технологічними процесами широко впроваджуються централізовані системи керування на базі об'єднаної мережі. Дослідження показали, що застосування локальних систем керування окремими операціями ефективно для невеликих заводів і при малих об'ємах виробництва.

В ряді випадків системи керування характеризуються застосуванням технічних засобів і пристроїв, побудованих за принципом “жорсткої” логіки, тобто по заздалегідь заданій схемі комутації апаратури і її елементів без застосування управляючих комплексів. Автоматичні керуючі дії тут запрограмовані по часовій та логічній програмам з зв'язками між суміжними об'єктами керування. Причому всі функції керування виконуються технічними засобами. За оперативним персоналом залишається лише виконання допоміжних функцій. Взагалі такі системи проектуються і монтуються разом з усіма виробничими комплексами підприємства.

Системи керування, побудовані на основі використання пристроїв програмного і логічного керування з “жорсткою” логікою функціонування консервативні до зміни структури і алгоритмів керування. Необхідність модифікувати систему в процесі експлуатації призводить до значної витрати часу і матеріальних ресурсів. Будь-яка зміна в алгоритмі керування, наприклад в наслідок зміни технології, потребує ремонту електричних та пневматичних блоків і змінення їх кількості. Тому в останній час в багатьох випадках автоматизовані системи керування

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

застосовуються в більш прогресивній формі, яка відрізняється тим, що замість

Пристроїв програмного і логічного керування з “жорсткою” логікою функціонування використовують керуючі обчислювальні комплекси (ОКК) на основі мікро – та міні – ЕОМ і мікропроцесорних контролерів. Використання програмних технічних засобів автоматизації дає можливість легко здійснювати необхідні зміни в системі керування шляхом перепрограмування без монтажних переробок.

Ця форма є найбільш ефективною при керуванні технологічними процесами.

Застосування систем керування з використанням програмних засобів керування на основі мікропроцесорної техніки обумовлено універсальністю, високою надійністю в експлуатації, можливістю зміни програми функціонування. Вартість таких систем нижча вартості аналогічних систем, які створені на основі традиційних технічних засобів автоматичного керування.

Характерною особливістю сучасних автоматизованих систем керування в цукровій промисловості являється те, що вони здійснюються на основі типових алгоритмів і математичних моделей з урахуванням особливостей даної галузі.

Головними завданнями, які стоять перед харчовою промисловістю є збільшення обсягів виробництва і покращення якості випускаємої продукції. При цьому важливе значення надається впровадженню нової техніки та підвищенню продуктивності праці. Особлива роль відводиться автоматизації процесів на всіх стадіях переробки харчових продуктів і сировини, починаючи з їх приймання від постачальників і закінчуючи розфасовкою та відправкою готових виробів до споживачів.

Одним з головних напрямлень прискорення науково-технічного прогресу в промисловості є утворення і впровадження автоматизованих систем керування усіх рівнів. Тому актуальним є завдання на скорочення

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

всіх стадій розробки і введення в дію нових систем.

Автоматизовані системи керування побудовані на базі управляючої обчислювальної техніки та мікропроцесорних засобів. Тому в даних системах однаково важливі питання як створення основних частин системи, так і врахування людського фактору, тобто розподіл функцій між технічними засобами та людиною.

Автоматизація цукрового виробництва забезпечує якісну та ефективну роботу технологічних дільниць тільки у випадку комплексного підходу до вирішення поставлених задач. При такому підході необхідно підготувати до автоматизації технологічне устаткування, технологію та вибрати необхідні засоби автоматизації для основних та допоміжних процесів.

Технологічний процес цукрового виробництва являється в загальному випадку неперервно-поточним процесом і здійснюється головним чином в неперервно-діючому обладнанні, а тому задовольняє основні вимоги з точки зору його автоматизації.

Разом з тим, впровадження автоматизації передує велика та трудомістка робота, яка пов'язана з капітальними витратами. З урахуванням останніх перш за все і визначається економічна доцільність автоматизації.

Пропонується розглянути систему автоматизації на базі контролера МІК-51Н з підключенням до сучасних ПК і використання сучасних датчиків і виконавчих механізмів відомих світових виробників таких як Siemens та Emerson.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

РОЗДІЛ 1. Характеристика об'єкта автоматизації

1.1. Аналіз технологічного процесу кристалізації

Кристалізація - завершальний етап виробництва цукру. Мета кристалізації - виділити цукор, розчинений у сиропі, у вигляді кристалів. В процесі вапняно-вуглекислотного очищення з дифузійного соку видаляють близько 1/3 нецукрів, інші нецукри разом з сахарозою надходять в продуктове відділення, де сироп згущують до перенасичення і з нього викристалізують сахарозу, а нецукри залишаються в міжкристальному розчині.

Виділення сахарози з розчину процесом кристалізації проводять в 2 або 3 етапи. На першому етапі, коли вміст кристалів в утфелі досягне приблизно половини (по масі), а утфель стане в'язким і малорухливим, кристали відділяють в поле відцентрових сил, а міжкристальний розчин подають на другий та третій етапи кристалізації, де решту сахарози викристалізують, підтримуючи необхідне її перенасичення за допомогою випаровування води у вакуум-апараті, а потім охолоджуючи утфель в утфелемішалках-кристалізаторах. [1].

Процес кристалізації цукру складається з двох основних фаз: перша – уварювання сиропу до появи центрів кристалізації; друга – нарощування кристалів, які з'явилися завдяки безперервним підкачкам сиропу та подальшому випаровуванню води з нових порцій сиропу. Все це відбувається при низьких температурах кипіння цукрових розчинів (не вище 80°C), яка досягається створенням глибокого розрідження у вакуум-апаратах. Завдяки цьому забезпечують мінімальне розкладання цукрози та слабке наростання кольоровості. Для запобігання надмірного перенасичення перед заведенням кристалів (тобто перед утворенням центрів кристалізації) в апарат через пробний кран вводять незначну

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Логвін О.С.			Розробка системи автоматизації процесу кристалізації цукру на цукровому заводі на базі ПЛК МІК-51Н	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Швед С.М.						
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.				НУХТ, ЗАК-2-2ск		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

кількість цукрової пудри (приблизно 100 г). При нормальному вакуумі та температурі після введення в апарат пудри негайно виникають кристалічні центри. Як тільки їх кількість наближається до оптимальної, в апарат вводять більш часті, але невеликі підкачки свіжого сиропу. Цим запобігають випаданню додаткових кристалів, а раніше отримані кристали швидко нарощують.

Наступний етап варки починають із нарощування освітлених кристалів у режимі постійних підкачок сиропу, не допускаючи великого перенасичення міжкристального розчину. Утворення нових кристалів нарівні з нарощуванням початкових приводить до появи так званого "борошна". Отримання такого утфеля сприяє значному погіршенню фуговки. За умови постійності густини сиропу в збірниках перед вакуум-апаратами нарощування кристалів можна провести не окремими малими частинами підкачками, а постійною безперервною підкачкою шляхом відкриття вентиля на 1/4 або 1/2 оберти. У випадку, коли доброякісність міжкристальної патоки в апараті наближається до доброякісності білої патоки, введення сиропу в апарат припиняють та починають підкачування заздалегідь нагрітої білої патоки (другий відтік після відбілювання цукру).

Останній період варки – згущення перед спуском – починають після того, коли введено необхідну кількість патоки та утфель уварено до оптимальної густини. При закритому набірному вентилі утфель уварюють до вмісту сухих речовин 92,5...93 %. Після досягнення необхідної густини утфеля апарат готують до спуску. Спуск утфеля проводять у такому порядку. На початку у вакуум-апарат припиняють подачу пари закриттям парових ventilів. Потім закривають повітряний ventиль, тобто апарат відключають від вакуумної системи. Однак в апараті ще залишається вакуум. Для створення тиску за допомогою спеціального вентиля вводять повітря. Тільки після цього відкривають спускний шибер і утфель повільно виходить у приймальну частину

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

утфелемішалки.

1.2. Аналіз та технологічні особливості роботи вакуум-апаратів

Процес кристалізації безпосередньо відбувається у вакуум-апараті – апарат, у якому випаровують, сушать і фільтрують розчини під тиском, нижчим від атмосферного.

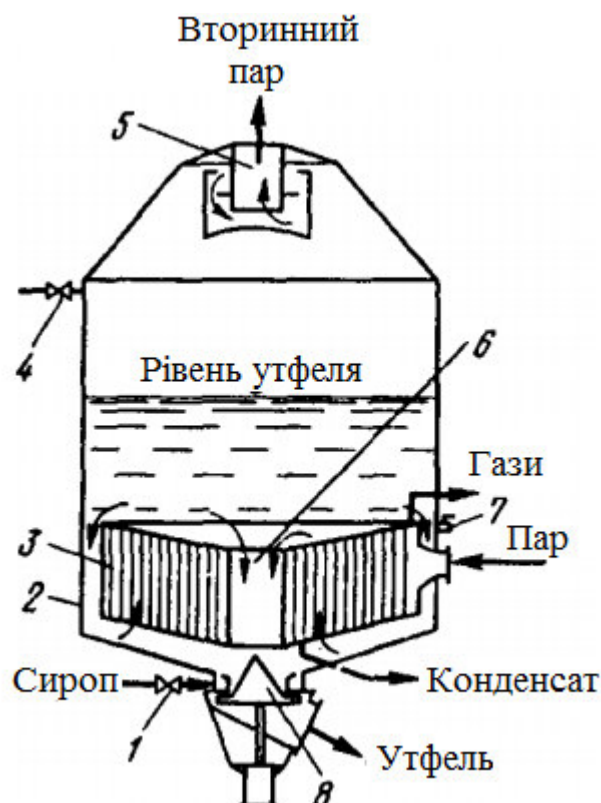


Рис. 1.1. Апаратурно-технологічна схема вакуум-апарат

Сульфітований сироп з клеровкою, що подається на уварювання утфелю I кристалізації повинен містити не менше 60 – 65% сухих речовин, бути прозорим, мати рН 7,8 – 8, 2, концентрацію солей кальцію 0,12 – 0,5% СаО і кольоровість не більше 40 од. Переважна більшість цукрових заводів уварюють утфель в періодично діючих вертикальних вакуум-апаратах місткістю 40, 60, 80 тон. Повний цикл уварювання утфелю у вакуум-апараті (рис. 1.1.) складається з чотирьох основних етапів.

Перший етап - згущення сиропу до заведення кристалів.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

Насамперед у вакуум-апараті необхідно створити залишковий тиск 0,06 – 0,067 МПа, що реалізується відкриттям вентиля попереднього розрідження, вбудованого в основний повітряний вентиль і сполученого із загальною системою розрідження через сепаратор 5. Далі, відкриваючи основний повітряний вентиль, знижують залишковий тиск до 0,02 – 0,015 МПа.

Одночасно з відкриттям вентиля попереднього розрідження у вакуум-апарат через вентиль 1 починають подавати сироп з клеровкою. Як тільки апарат заповниться на третину висоти парової камери 3, частково (на один оборот) відкривають вентиль на паропроводі і починають прогрівати камеру. Коли рівень сиропу досягне такої висоти, при якій він в стані кипіння буде покривати всю площу поверхні парової камери, паровий вентиль повільно відкривають повністю і при залишковому тиску близько 0,015 МПа згущують сироп випарюванням. В таких умовах сироп кипить при температурі 70 – 72 °С, що дає можливість мати досить високу корисну різницю температур між гріючою парою і киплячим сиропом, проводячи його згущення з невеликими втратами сахарози.

При кипінні уварювальна маса сиропу піднімається вгору по кип'ятільним трубкам вакуум-апарату, потім опускається вниз по циркуляційній трубці 6 і кільцевому простору між парової камерою та корпусом II-го апарату, перебуваючи постійно в русі. Утворений при кипінні сиропу вторинний пар, який називається утфельний, під дією розрідження виводиться з апарату через сепаратор 5, де звільняється від крапель сиропу і надходить у вакуум-конденсаційну установку.

При згущенні сиропу до 82 – 83 % СР, що відповідає коефіцієнту пересичення 1,25 – 1,3, температура кипіння сиропу при незмінному розрідженні підвищується до 73 – 75 ° С. Це підвищення температури пов'язано зі збільшенням вмісту сухих речовин в киплячому розчині до концентрації, достатньої для заведення кристалів.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

Ступінь перенасичення і готовність розчину для заведення кристалів визначають за зовнішніми ознаками:

- рухливість уварювального сиропу;
- швидкість стікання «бризг» сиропу по оглядовому склу;
- інтенсивність підйому бульбашок пари;
- електропровідність уварювальної маси.

Тривалість згущення сиропу до заведення кристалів не повинна перевищувати 30 хв.

Другий етап - заведення кристалів цукру. При коефіцієнті перенасичення 1,25 – 1,3, коли система нестійка, настає найсприятливіший момент для заведення кристалів. Прикриваючи повітряний вентиль в системі розрідження, підвищуючи таким чином температуру кипіння розчину на 4-5 ° С, через пробний кран 7 вводять затравку у вигляді цукрової пудри малої дисперсності, просіяної через шовкове сито (з розрахунку 50 г на 40 т утфелю). Затравка служить імпульсом для виникнення нових центрів кристалізації. Одночасно для утворення рівномірних кристалів у вакуум-апарат підкачують невелику кількість сиропу. Після того як почнеться масове кристалоутворення, відразу ж перевіряють сироп, відбираючи проби сиропу на скло і спостерігаючи за кількістю утворившихся кристалів. Розглядати пробу краще через збільшувальне скло, що дає десятикратне збільшення. При такому збільшенні 1 мм довжини видно як 1 см. Для отримання в цукрі-піску кристалів середнього розміру (3000 в 1 г) необхідно, щоб на 1 мм довжини розміщувалося 5 ... 6 осередків кристалів.

Відповідно державним стандартам України ДСТУ 2316-93 (ГОСТ 21-94) цукор-пісок повинен мати якісні показники, що наведені в табл.1.1.

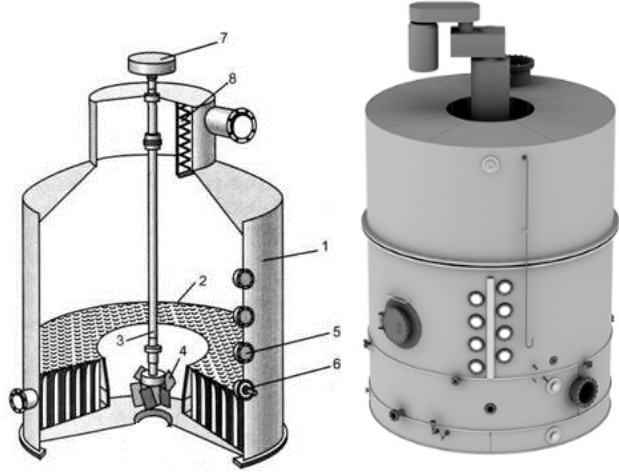
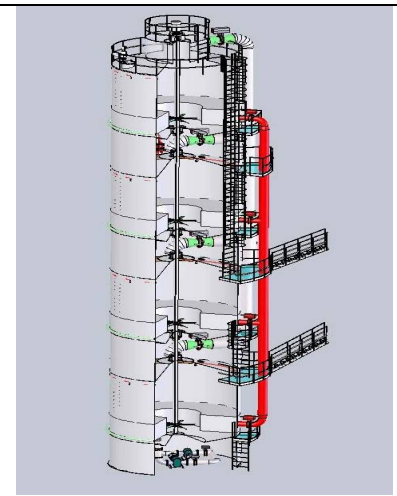
					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

Якісні показники цукру-піску

Таблиця 1.1.

№ п/п	Показник	Норма
1.	Частота розчину, %	99,75
2.	Вміст редуруючих речовин, %, не більше	0,05
3.	Вміст золи, %, не більше	0,04
4.	Кольоровість, не більше, умовних одиниць	0,8
5.	Вміст води, %, не більше	0,14
6.	Вміст феродомішок, %, не більше	0,0003

За принципом дії вакуум-апарати поділяються на апарати неперервної дії, в яких завантаження, теплова обробка і вивантаження продукту відбувається одночасно, і періодичної дії, в яких продукт послідовно завантажується, піддається тепловій обробці і розвантажується. Причому всі стадії технологічного процесу здійснюються в одному місці, але в різний час.

	
<p>періодичної дії з механічним циркулятором</p>	<p>неперервної дії</p>

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

Перевагами вакуум-апаратів періодичної дії з механічним циркулятором є можливість уварювання утфелів з сиропів концентрацією 68-72%, а принцип блочної конструкції, дозволяє без обмеження по габаритах транспортувати апарати до місця призначення та монтажити на діючому підприємстві.

Вакуум-апарат неперервної дії відрізняється надійною роботою в безперервному режимі завдяки індивідуальному регулюванню режиму роботи кожної окремої камери кристалізації. Існує можливість поетапного нарощування продуктивності установки шляхом простого додавання додаткових камер.

Його переваги:

- рівномірний відбір пари, що гріє з випарної установки;
- рівномірний відбір підкачки;
- рівномірна віддача вторинного пара і рівномірне навантаження на конденсатор;
- рівномірне отримання утфелю;
- високий вміст кристалів, і як результат – якісний кінцевий продукт;
- компактність при установці на діючому заводі;
- безперервна робота протягом усього сезону цукроваріння;
- просте обслуговування без зупинки апарату.

Незважаючи на перевагу і масове поширення у харчовій промисловості апаратів неперервної дії, існують випадки, коли реалізація основних технологічних процесів можлива тільки в апаратах періодичної дії (АПД). До таких випадків відносять процеси з швидким накопиченням побічних продуктів, виробництво невеликих партій продукту. Саме тому рішення про застосування того чи іншого типу ВА приймається індивідуально, враховуючи технічні, технологічні та фінансові особливості.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

1.3. Аналіз вакуум-апарату періодичної дії як об'єкта керування

Для ефективного керування вакуум-апаратами періодичної дії (ВАПД), що встановлені в переважній більшості працюючих цукрових заводів, необхідним є проведення детального аналізу технологічних, технічних та системних особливостей апаратів цього типу.

Робота ВАПД складається з чотирьох основних стадій: 1 – завантаження, 2 – робоча стадія, 3 – спуск утфелю, 4 – пропарка апарата. Робоча стадія, в свою чергу, включає наступні операції:

- Згущення сиропу до стану перенасичення (до моменту заведення кристалів). Об'єм початкового набору апарату і ступінь перенасичення повинні забезпечувати необхідні умови для утворення і зростання потрібної кількості кристалів цукру.
- Заведення кристалів. У вакуум-апаратах періодичної дії найчастіше застосовується «шокове» введення затравки (пудра, паста, суспензія) для створення вибухоподібного процесу утворення кристалів.
- Нарощування кристалів. Після заведення кристалів, на стадії зростання, забезпечується ріст кристалічної маси за рахунок підкачок свіжого сиропу і випаровування води.
- Відварювання утфелю. В процесі варки об'єм утфелю збільшується. Робоча стадія закінчується при умові досягнення певного об'єму утфелю, масової частки сухих речовин та кристалів відповідного розміру і кількості. Для зменшення втрат сахарози внаслідок її розкладання та карамелізації під дією значних температур варка утфелю ведеться під вакуумом. [3]

ВАПД є чотирьохстадійним АПД основного виробництва з підживленням, змінним об'ємом робочого середовища і довільною функцією переходу.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

Кожну стадію технологічного процесу кристалізації цукру у вакуум-апаратах можна вважати окремим локальним об'єктом керування, а сукупність змінних, що впливають на якість готової продукції, можна поділити на вхідні та вихідні змінні. Аналіз процесу масової кристалізації у вакуум-апаратах періодичної дії дозволяє визначити набір таких параметрів:

- контроль за рівнем сиропу у апараті;
- контроль параметрів у процесі уварювання утфелю;
- контроль за своєчасним внесенням затравки;
- контроль процесу уварювання;
- контроль та регулювання часу уварювання.

Їх взаємодія зображена на параметричній схемі (рис.1.2.).

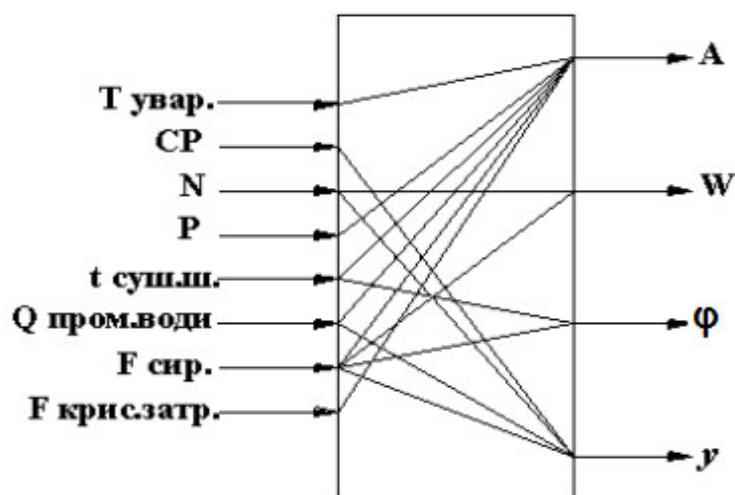


Рис.1.2. Параметрична схема вакуум-апарата періодичної дії

Вхідні величини процесу:

$T_{\text{увар.}}$ – час уварювання;

$СР$ – сухі речовини сиропу, які залежать від в'язкості та визначаються по графічній залежності;

N – склад сиропу;

P – тиск;

$t_{\text{суш.ш.}}$ – температура в сушильній шафі;

$Q_{\text{пром.води}}$ – кількість промивочної води, що подається у центрифуги;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

$F_{\text{сир.}}$ – витрата сиропу;

$F_{\text{крис.затр.}}$ – кількість кристалів затравки.

Вихідні величини процесу:

A – гранулометричний склад (розмір кристалів цукру);

W – вміст солей кальцію Ca ;

φ – вологість;

γ – кольоровість.

Зміна хоча б одного із вхідних параметрів на недопустиму величину негативно впливає на вихідні параметри, що відповідають за якість готового продукту. Недостатній час уварювання сиропу, тиск розрідження усередині вакуум-апарату та якість кристалів затравки впливають на розмір кристалів. Занадто великий вміст сухих речовин підвищить кольоровість, тобто готовий продукт може набути жовтуватого відтінку. Від складу сиропу залежить вміст солей кальцію Ca , а також кольоровість. Температура у сушильній шафі впливає на гранулометричний склад та вологість продукту. Кількість промивочної води визначає кольоровість, а також гранулометричний склад. Від витрати сиропу залежать усі вихідні параметри, тобто гранулометричний склад, вміст солей кальцію Ca , вологість та кольоровість продукту. Лише при стабільності зазначених параметрів забезпечується виконання поставленої технологічної задачі та випуск продукції належної якості.[4]

Система керування процесом масової кристалізації цукру відноситься до складних систем так як відсутня формальна модель масової кристалізації цукру, має місце постійна зміна параметрів продукту, гріючої пари, розрідження в апараті, що змінює якість та ефективність процесу кристалізації, надмірна кількість вхідних та вихідних змінних.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

1.4. Завдання на розробку системи автоматизації процесу кристалізації

Таблиця 1.2.

№ п/п	Місце відбору	Регульований параметр	Допустимі значення пар-ру	Вид автоматизації	Характер контролю чи керування	Додаткові вимоги
1	2	3	4	5	6	7
1.	Трубопровід подачі сиропу	Вміст СР	62-65 %СР	Контроль	Покази, запис	Світлова сигналізація
2.	Вакуум-апарат	Температура	68-70 °С	Контроль Регулювання	Покази, запис	Дія на клапан подачі пари у вакуум-апарат
3.		Тиск	-0.78 МПа	Контроль Регулювання	Покази, запис	Дія на клапан спуску з апарату повітря
4.		Рівень	0-100%	Контроль Регулювання	Покази, запис. Світлова сигналізація	Дія на клапан подачі сиропу у вакуум-апарат
5.		Вміст СР	92-92,5 %СР	Контроль Регулювання	Покази, запис	Дія на клапан подачі пудри
6.	Трубопровід подачі пари у вакуум-апарат	Тиск	0,060-0,067 МПа	Контроль	Покази, запис	Світлова сигналізація
7.	Електродвигун мішалки	Стан	-	Керування (ручне та дистан-не)	Пуск, зупинення	Світлова сигналізація

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1. Обґрунтування вибору ТЗ для вимірювання, виконавчих механізмів та регулюючих органів

Показником якості процесу кристалізації є вміст сухих речовин в утфелі в кваліфікаційній роботі для системи автоматизації був обраний віскозиметр ВВУ-03 вітчизняного виробника – компанії Магмас Автоматик, які займаються автоматизацією цукрових заводів та виготовляють власні технічні засоби автоматизації, які впроваджують на своїх об'єктах. Вміст сухих речовин вимірюється перед та після процесу кристалізації.

Призначення віскозиметра - неперервне вимірювання та індикація в'язкості утфелю з передачею сигналу в систему автоматизації. Сигнал в'язкості використовується для контролю вмісту сухих речовин і для розкочки (розведення) утфелю.

Віскозиметр ВВУ-03 складається з ротоційного датчика в'язкості РДВ-02 з притискним механізмом для вакуум-апаратів та нормуючого перетворювача в'язкості утфелю НПВ-03 з вихідним сигналом 4-20 мА.

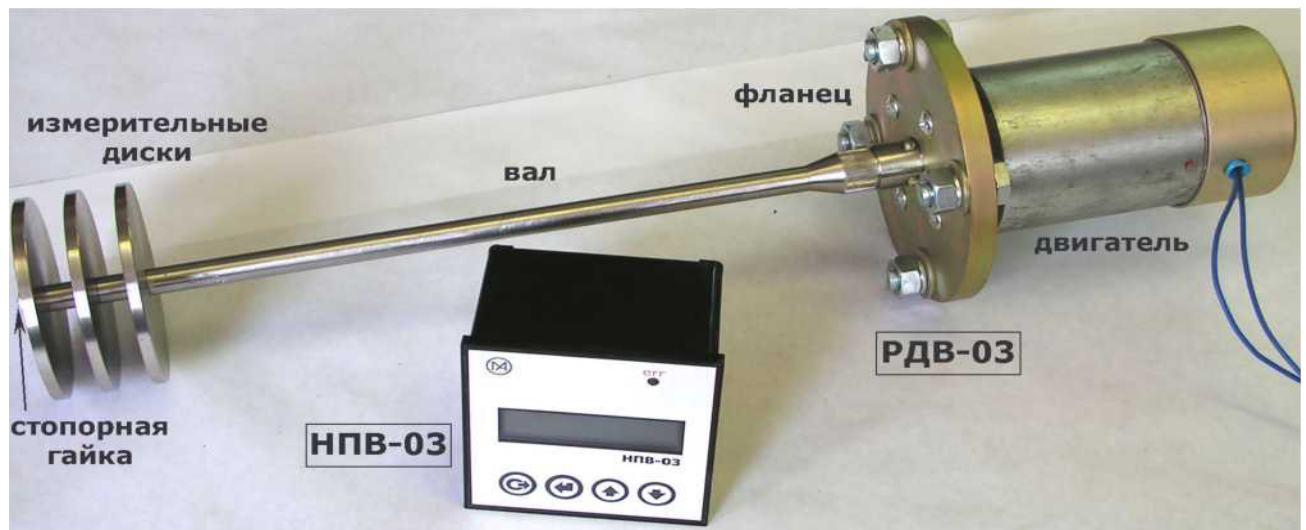


Рис.2.1. Конструкція і зовнішній вигляд ВВУ-03

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Логвін О.С.			Розробка системи автоматизації процесу кристалізації цукру на цукровому заводі на базі ПЛК МІК-51Н	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Швед С.М.						
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.				НУХТ, ЗАК-2-2ск		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

РДВ встановлюється за допомогою фланцевого з'єднання на ємність з=utfелем, вал з вимірювальними дисками занурюється в=utfель. Диски на валу з'ємні. 3 диски - це максимум, робочий варіант - 1 чи 2 диски.

Нормуючий перетворювач НПВ-03 встановлюється в квадратний отвір у стінці й закріплюється гвинтами фіксаторів. На дисплеї неперервно індикуються значення в'язкості, всі налаштування виконуються кнопками з меню.

Особливості

- легко налаштовується через меню. Структура меню схожа з мобільними телефонами. Налаштування з меню не порушує роботи і може виконуватися на працюючому віскозиметрі;
- є можливість зупинки двигуна (двигун необхідно зупинити вчасно, притискаючи до вакуум-апарату під час вивантаження чи пропарки);
- захист від короткого замикання двигуна;
- вираховується від'єднання й замикання двигуна й індикуються світлодіодом;
- струмовий вихід гальванічно відділений від решти схеми, налаштовується в діапазонах 0..5, 0..20, 4..20 мА і містить вихідну напругу не менше 10 В;
- контролюється реальний струм виходу й відхилення індикуються світлодіодом (у випадку обриву лінії, перевантаження).

РДВ-03 побудований на основі двигуна постійного струму з незалежним збудженням від постійних магнітів ПІК 8-6 / 2,5. До валу двигуна жорстко прикріплений вал з вимірювальними дисками. Кількість вимірювальних дисків може змінюватися користувачем. Двигун за допомогою чотирьох болтів М5 прикріплений до фланця. Фланець встановлюється безпосередньо на технологічному обладнанні.

Принцип вимірювання в'язкості заснований на тому, що в'язкістю=utfеля однозначно визначається точка перетину характеристики $W_n(M)$,

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

що задається НПВ-03 і сімейства характеристик датчика РДВ-02 для різних в'язкостей.

У віскозиметрі використовується двигун постійного струму з незалежним збудженням, для якого струм якоря пропорційний моменту на валу. Струм якоря знімається мікроконтроллером з шунта через вузол гальванічний розв'язки, обробляється (масштабується, фільтрується) і передається на струмовий вихід. Таким чином, на вихід передається сигнал, пропорційний моменту на валу, який є однозначною функцією в'язкості та може бути використаний для управління технологічними процесами. Живлення ВВУ-03 здійснюється постійною напругою 24В.

Розрідження у вакуум-апараті вимірюємо компактним вимірювальним перетворювачем тиску Sitrans P серії Z з уніфікованим вихідним сигналом по струму. Sitrans P серії Z - це вимірювальний прилад зі здатністю до конфігурування, який встановлюється за місцем і використовується для вимірювання тисків в різних областях промисловості.



Рис.2.2. Sitrans P серії Z

Від'ємне значення надлишкового тиску за формулою

$$P_{НАД} = P_{АБС} - P_{АТМ} \quad (1.1)$$

називають розрідженням або вакуумметричним тиском $P_{ВАК}$ (від латинського «vacuum» -пустота). Це тиск, що менший атмосферного і дорівнює:

$$P_{ВАК} = P_{АТМ} - P_{АБС} \quad (1.2)$$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

Залежність (1.2) показує, що $P_{вак}$ не може перевищувати атмосферний тиск $P_{АТМ}$, який має місце в даний момент і в даному місці, і що від'ємне значення абсолютного тиску бути не може.

Конструктивно Sitrans P серії Z виконані в циліндричному корпусі, у верхній частині якого розташований електричний рознім для приєднання зовнішніх електричних кіл.

У нижній частині перетворювача, розташований різьбовий штуцер із шестигранним уступом «під ключ» для приєднання перетворювача до магістралі вимірюваного тиску. У центрі штуцера є отвір для підведення вимірюваного середовища до тензодатчику, герметично вбудованого в штуцер.

Основні технічні та метрологічні характеристики Sitrans P серії Z

1. Діапазон вимірювання: -0,1..-0.9 МПа;
2. Напруга живлення: постійного струму в межах від +12 В до +30 В.
3. Загальна приведена похибка $\gamma_{пр}$ – $\leq 0,25\%$ від діапазону вимірювання.
4. Дрейфова похибка - $\leq 0,25\%$ за рік від діапазону вимірювання.
5. Вплив зовнішньої температури - $\leq 0,25\%$ на кожні 10°C від кінцевого значення діапазону вимірювання.

Мікрохвильовий рівнемір для безперервного виміру рівня Sitrans LG270 обраний для вимірювання рівня утфелю у вакуум-апараті процесу кристалізації.

Рівнемір Sitrans LG270 з тросовим або стержневим зондом призначений для безперервного вимірювання рівня та розподілу фаз, застосовується при високих температурах процесу до +450 °С. Високочастотні мікрохвильові імпульси направляються уздовж по сталевому тросу або стержню, досягнувши поверхні продукту, мікрохвильові імпульси відбиваються від неї. Час поширення сигналу обробляється приладом і видається як рівень.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				



- Екстремальні умови при низькому або високому тиску або температури
- Міцна конструкція з подвійним ущільненням для забезпечення цілісності при роботі у важких умовах
- Автоматична корекція
- Другий бар'єр для роботи з агресивними матеріалами, включаючи аміак
- Рівень безпеки SIL 2
- Схема підключення 2-х провідна.
- Вихід: 4-20 мА/ HART

В кваліфікаційній роботі для контролю над тиском подачі пари у вакуум-апарат застосовується вимірювальний перетворювач тиску Sitrans P серії MS для неагресивних і агресивних газів, пари і рідин. Можливі інтервали вимірювання від 0,03 до 400 bar. Вихідним сигналом є постійний струм від 4 до 20 мА, який лінійно-пропорційний вхідному тиску.

Характеристики приладу:

- Інтервал виміру 0,03 до 400 bar.
- Нижня межа вимірювання - вимірювальна комірка з наповнювачем з силіконового масла 30 mbar (абс.).
- Верхня межа вимірювання 100% макс. інтервалу вимірювання.
- Початок вимірювання (безступінчата установка) між межами вимірювання.



Рис. 2.3. Sitrans P серії MS

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

Вихідний сигнал 4 до 20 mA

- нижня межа 3,84 mA;
- верхня межа 20,5 mA;
- електричне демпфірування - встановлюються тимчасові постійні 0 до 100 с;
- датчик струму встановлюється 3,55 до 23 mA .

Сигнал відмови 22,8 mA навантаження

- без HART-комунікації $R_B \leq (U_H - 10,5 \text{ V}) / 0,023 \text{ A}$ в Ω , U_H : допоміжна енергія в V;
- з HART-комунікацією $R_B = 230$ до 500/1100 Ω . Характеристика лінійно зростаюча або падаюча.

Температура, за якої відбувається процес кристалізації утфелю, у вакуум-апараті контролюємо компактим вимірювальним перетворювачем температури з цифровим дисплеєм та термометром опору Pt100.



Рис. 2.4. Sitrans TF2

Призначення приладу - індикація та контроль температури, що вимірюється на технологічній лінії за місцем, а також дистанційна передача сигналу вимірювальної інформації на відстань.

Перетворювач температури Sitrans TF2 об'єднує три компоненти в одному приладі:

- термометр опору Pt100 в захисній трубці із нержавіючої сталі;

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

- корпус із нержавіючої сталі з високим класом захисту;
- вбудований та конфігуруємий за допомогою трьох клавiш мікропроцесорний вимірювальний перетворювач з рiдинно-кришталевим дисплеєм (РКД).

Випускаються осьова та радіальна конструкції TF2.

Характеристики приладу:

- Вхід: вимірювана величина – температура в діапазоні від - 50...+200°C.
- Вихід: уніфікований сигнал 4...20 мА по дротам живлення.
- Нижня (мін) - 3,6 мА та верхня межа стуму (макс) - 23 мА.
- Вихід захищений: від невірної під'єднання джерела живлення за полярністю, від перевищення напруги живлення та від короткого замикання.
- Максимальний опір навантаження: $U_H - 12V / 0,023A$.
- Характеристика перетворення – прямо пропорційна вимірюваній температурі.

2.2. Схема автоматизації

Схема автоматизації процесу кристалізації знаходиться на листі №1 графічної частини роботи, включає контури контролю та регулювання основних параметрів процесу, якими є розрідження, температура, рівень у вакуум-апараті, вміст сухих речовин до та після кристалізації.

Контроль %СР в трубопроводі подачі сиропу у вакуум-апарат проводимо за допомогою візкозиметра ВВУ-03 від Магмас Автоматік, який складається з ротоційного датчика в'язкості РДВ-02 (позиція 1а) з притискним механізмом для вакуум-апаратів та нормуючого перетворювача в'язкості утфелю НПВ-03 (позиція 1б) з вихідним сигналом 4-20 мА. Сигнал направляємо на клему вхідного аналогового сигналу програмованого логічного контролеру та персональний

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

комп'ютер для демонстрації зміни параметру на головному екрані скада-програми процесу.

Контур контролю ретурної пари з ТЕЦ у вакуум-апарат реалізовано за допомогою вимірювального перетворювача тиску для пару та рідин Sitrans P серія MS з вихідним сигналом по струму 4..20 мА (позиція 4а), який подаємо на клему вхідного аналогового сигналу програмованого логічного контролеру та персональний комп'ютер для демонстрації зміни параметру на головному екрані скада-програми процесу.

Контур регулювання розрідження у вакуум-апараті складається з вимірювального перетворювача тиску Sitrans P серії Z (позиція 2а). Сигнал з датчика надходить на клему аналогового сигналу ПЛК, який за створеною програмою обробляє вхідний та формує керуючий вихідний сигнал на перетворювач електричного в пневматичний сигнал Fisher i2P-100 (позиція 2б), який далі подається на пневмопривод (позиція 2в), що встановлений в трубопроводі для стравлення повітря в атмосферу.

Контур регулювання температури у вакуум-апараті працює наступни чином. Компактний вимірювальний перетворювач температури Sitrans TF2 з цифровим дисплеєм та термометром опору Pt100 (позиція 5а) вимірює температуру, сигнал по струму 4-20 мА подаємо на клему вхідного аналого сигналу ПЛК. Контролер програмно обробляє вхідний та формує керуючий вихідний сигнал на перетворювач електричного в пневматичний сигнал Fisher i2P-100 (позиція 5б), який далі подається на пневмопривод (позиція 5в), що встановлений в трубопроводі подачі пари в апарат.

Контур регулювання рівня у вакуум-апараті здійснюємо за допомогою мікрохвильового рівнеміра для безперервного вимірювання рівня Sitrans LG270 (позиція 3а) вихідним струмовим сигналом 4-20 мА. Сигнал з датчика надходить на ПЛК, який програмно обробляє вхідний та формує керуючий вихідний сигнал на перетворювач електричного в пневматичний сигнал Fisher i2P-100 (позиція 3б), який далі подається на

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

пневмопривод (позиція 3в), що встановлений в трубопроводі подачі сиропу в апарат.

Контур регулювання %СР у вакуум-апараті реалізовано за допомогою візкозиметра ВВУ-03 від Магмас Автоматік, який складається з ротоційного датчика в'язкості РДВ-02 (позиція 6а) з притискним механізмом для вакуум-апаратів та нормуючого перетворювача в'язкості утфелю НПВ-03 (позиція 6б) з вихідним сигналом 4-20 мА. Сигнал з датчика надходить на ПЛК, який програмно обробляє вхідний та формує керуючий вихідний сигнал на перетворювач електричного в пневматичний сигнал Fisher i2P-100 (позиція 6в), який далі подається на пневмопривод (позиція 6г), що встановлений в трубопроводі подачі затравки в апарат.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

2.3. Специфікація на прилади і засоби автоматизації

Таблиця 2.1.

Поз. на схемі	Найменування та технічна характеристика засобу	Тип, марка	Виробник	К-ть	Одиниця виміру	Примітка
1	2	3	5	6	7	9
1а, 1б 6а, 6б	Віскозиметр для неперервного вимірювання в'язкості. Межі вимір. 0-100 %. Вихід. сигнал 4-20 мА.	ВВУ-03	ТОВ Магмас Автоматік	2	шт.	Трубопровід подачі сиропу, ВА
2а	Вимірювальний перетворювач тиску. Межі вимір. -0,1..– 9 МПа. Вихід.сигнал 4 до 20 мА.	Sitrans P серія Z	Siemens	1	шт.	ВА
3а	Мікрохвильовий рівнемір для неперервного вимірювання рівня. Довжина зонда 6м. Вихід.сигнал 4 до 20 мА/HART.	Sitrans LG270	Siemens	1	шт.	ВА
4а	Вимірювальний перетворювач тиску для неагресивних та агресивних газів, пару та рідин. Межі вимір. 0,03 – 400 бар. Вих. сигнал 4-20 мА.	Sitrans P серія MS	Siemens	1	шт.	Трубопровід подачі пари з ТЕЦ
5а	Вимірювальний мікропроцесорний перетворювач температури з вбудованим платиновим термометром опору Pt100 в захистній трубці із нержавіючої сталі. Вихід. сигнал 4-20 мА. Вимір. діапазон т-р - 50..+200°С.	Sitrans TF2	Siemens	1	шт.	Зона обігріву ВА
2б, 3б, 5б, 6в	Електропневмоперетворювач. Мінімальний тиск 3,4 бар. Вхідний сигнал 4-20 мА, вихід.сигнал 0,2-1 бар.	Fisher i2P-100	Emerson	4	шт.	-
2в, 3в, 5в, 6г	Привод. Dходу=30	Fisher i2P-100	Emerson	4	шт.	-

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.							

Кваліфікаційна робота

КМ1	Пускач магнітний, 95А. Робоча напруга 220/380 В.	ПМ 4-95	АСКО УКРМ	1	шт.	-
------------	--	---------	--------------	---	-----	---

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

МІК-51Н - це компактний малоканалний багатофункціональний мікропроцесорний контролер, призначений для автоматичного регулювання та логічного керування технологічними процесами. Застосовується в електротехнічній, енергетичній, хімічній, металургійній, харчовій, цементній, скляній та інших галузях промисловості.

Контролер МІК-51Н дозволяє вести локальне, каскадне, програмне, супервізорне, багатозв'язкове регулювання. Архітектура контролера забезпечує можливість вручну або автоматично включати, відключати, перемикає і реконфігурувати контури регулювання, причому всі ці операції виконуються безударно незалежно від складності структури керування. У поєднанні з обробкою аналогових сигналів контролер МІК51Н дозволяє виконувати також логічні перетворення сигналів і виробляти не тільки аналогові або імпульсні, але і дискретні команди керування.

Логічні функціональні блоки формують логічну програму крокового керування з завданням контрольного часу на кожному кроці. У поєднанні з обробкою дискретних сигналів контролер дозволяє виконувати також різноманітні функціональні перетворення аналогових сигналів і виробляти як дискретні, так і аналогові керуючі сигнали. МІК-51Н містить засоби оперативного керування, розташовані на лицьовій панелі контролера.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Логвін О.С.			Розробка системи автоматизації процесу кристалізації цукру на цукровому заводі на базі ПЛК МІК-51Н	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Швед С.М.						
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.				НУХТ, ЗАК-2-2ск		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

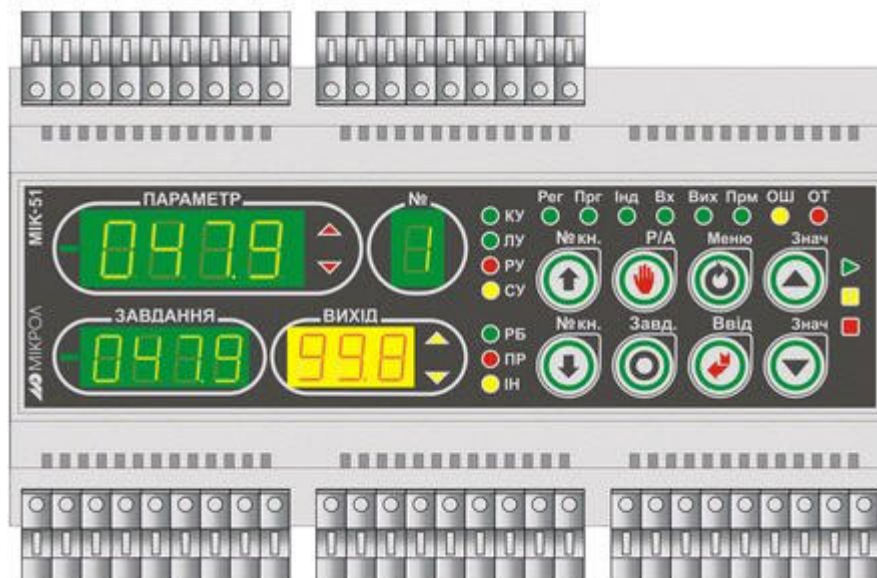


Рис.3.1. Зовнішній вигляд МІК-51Н

Ці засоби дозволяють вручну змінювати режими роботи, встановлювати завдання, керувати ходом виконання програми, вручну керувати виконавчими пристроями, контролювати сигнали і відображати помилки. Стандартні аналогові і дискретні давачі і виконавчі пристрої підключаються до контролера МІК-51Н за допомогою індивідуальних кабельних зв'язків. Усередині контролера сигнали обробляються в цифровій формі. Контролери МІК-51Н можуть об'єднуватися в локальну керуючу мережу шинної конфігурації. Для такого об'єднання ніяких додаткових пристроїв не потрібно. Через мережу контролери можуть обмінюватися інформацією в цифровій формі.

Програмування контролера виконується за допомогою клавіш передньої панелі або по інтерфейсу за допомогою спеціального програмного забезпечення - візуального редактора FBD-програм АЛЬФА.

У контролері МІК-51Н передбачено:

- До 9 незалежних контурів регулювання, кожен з яких може бути локальним або каскадним, з аналоговим або імпульсним виходом, з ручним, програмним (в тому числі багатопрограмним) або супервізорним задавачем.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

- Більше 80 типів занесених в ПЗУ функціональних блоків безперервної і дискретної обробки інформації, включаючи функціональні блоки ПІД регулювання, функціональні блоки математичних, динамічних, нелінійних, аналого-дискретних і логічних перетворень.

- До 98 використовуваних блоків з вільним їх заповненням будь-якими функціональними блоками з бібліотеки і вільним конфігуруванням між собою і з входами-виходами контролера. Ручна установка або автопідстройка будь-яких властивостей, параметрів і коефіцієнтів в будь-яких функціональних блоках.

- Зміна режимів керування, включення / відключення, перемикання і реконфігурація контурів регулювання будь-якого ступеня складності.

- Оперативне керування контурами регулювання за допомогою клавіш лицьової панелі, 2-х чотирирозрядних і одного трирозрядного цифрових індикаторів і набору світлодіодів, що дозволяють змінювати режими, встановлювати завдання, керувати виконавчими механізмами, контролювати сигнали, відображати аварійні ситуації. При програмному регулюванні кошти оперативного керування дозволяють вибирати необхідну програму, пускати, зупиняти, і скидати програму, переходити до наступної ділянки програми, а також контролювати хід виконання програми.

- Об'єднання до 31 контролерів в локальну керуючу мережу, причому в цю мережу можуть включатися також і інші моделі контролерів або інші пристрої.

Контролери МІК-51Н можуть комплектуватися модулем розширення.

Конфігурування Мікрол МІК-51Н:

Для управління об'єктом необхідно сконфігурувати ПЛК, який забезпечує підключення датчиків, ВМ та РО:

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

Таблиця 3.1.

Вимоги	Кількість
Живлення ПЛК (220 В змінного струму, 24 В постійного струму.)	2
Кількість аналогових входів 4-20 mA	6
Кількість аналогових виходів 4-20 mA	4
Кількість дискретних виходів	1

3.2. Загальна схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до контролера

Принципова схема підключення датчиків та пневматичних виконавчих механізмів до контролера зображена на кресленні №2 графічного матеріалу роботи. Для реалізації контурів контролю та регулювання підбрані вторинні вимірювальні перетворювачі з уніфікованим вихідним сигналом по струму 4-20mA.

Розроблена автоматизована система керування АСК процесом кристалізації на базі ПЛК МІК-51Н від Мікрол повинна бути сумісною з системами керування на інших ділянках цукрового виробництва.

АСК експлуатується в умовах роботи цукрового заводу у виробничий сезон. Підприємство працює в дві зміни, технологічний процес – періодичний, тривалість роботи – 68-70 діб.

Система керування повинна передбачати контроль роботи складових елементів – датчиків, функціональних частин мікропроцесорних пристроїв, виконавчих механізмів.

Система повинна функціонувати як в автоматичному, так і в дистанційному режимах роботи. Розрахована на адаптацію до поточної технологічної ситуації на заводі. Якість реалізації функцій АСУ визначається точністю, швидкодією, надійністю. Швидкодія системи визначається часом вироблення управляючої дії, який не повинен

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

перевищувати 5 с.

На схемі передбачено захист від короткого замикання і тому поставлені плавкі запобіжники з 2-ма виводами пристрою F1-F9 на 1,5 А.

Опис схеми управління електродвигуном

Схему управління електродвигуном М1 при живленні ланцюга управління фазною напругою зображено на рис.3.2.

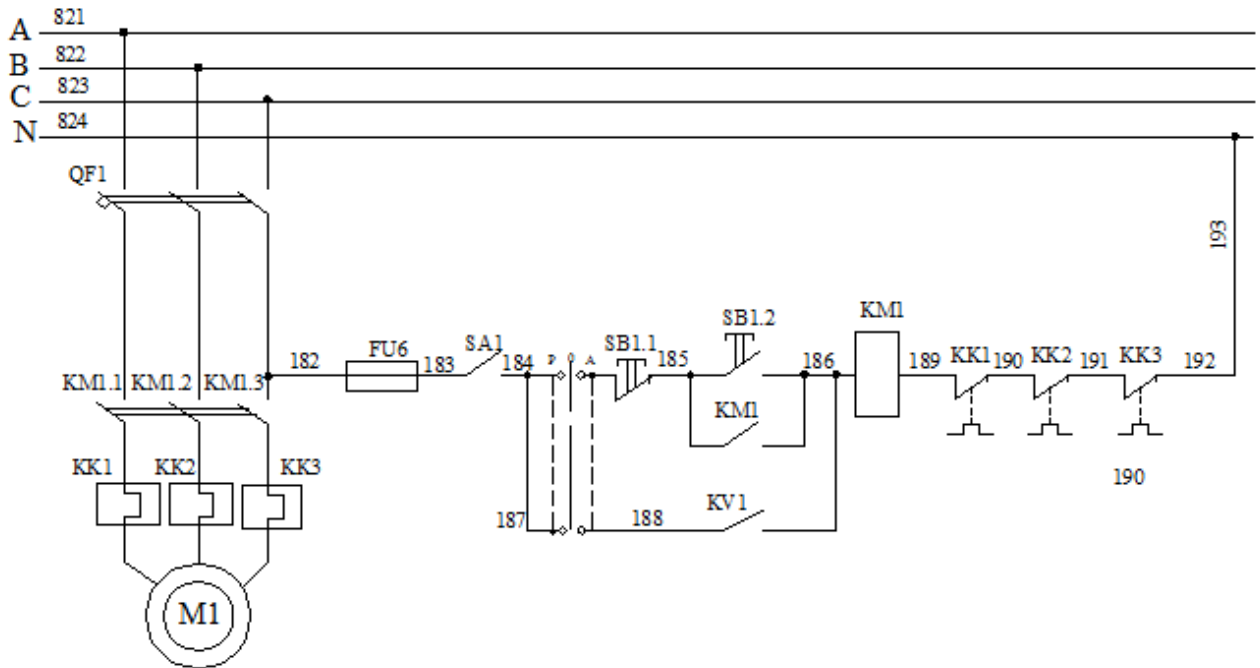


Рис.3.2. Схема управління електродвигуном М1

За даною схемою здійснюється місцеве та дистанційне управління приводом.

В ручному режимі роботи електродвигуна М1 при натисканні кнопки SB2 (кнопка “Пуск”) напруга 220 В подається на магнітний пускач КМ2, як наслідок замикається його контакт КМ2, що забезпечує блокування кнопки “Пуск”, тобто при відпусканні цієї кнопки схема продовжує працювати. Це явище називається самопідхватом. Магнітний пускач, в свою чергу, і запускає двигун.

При натисканні кнопки SB1 (кнопка “Стоп”) електричний ланцюг розривається, на магнітний пускач не надходить струм, розмикається

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.							

Кваліфікаційна робота

його само підхват, електродвигун зупиняється.

При перемиканні на автоматичний режим роботи електродвигуна М1 за допомогою ключа SA1, управління відбувається дискретним виходом з промислового контролера KV1.

Двигун оснащений тепловим реле для захисту від перегріву. Отже, коли двигун перегрівається, розмикаються нормально замкнені контакти теплових реле КК1, КК2, КК3 розривається ланцюг і двигун зупиняється.

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання рівня у вакуум-апараті реалізований за допомогою мікрохвильового рівнеміра для безперервного вимірювання рівня Sitrans LG270 фірми Siemens (позиція 3а). Він має вихідний струмовий сигнал 4-20 мА. Цей сигнал надходить на клему 10 аналогового входу контролера МІК-51Н. В контролері за розробленим алгоритмом є програма, за якою обробляє вхідний сигнал та формує керуючий вихідний сигнал на електропневмоперетворювач Fisher i2P-100 фірми Emerson (позиція 3б), який далі подається на пневмопривод (позиція 3в), що встановлений в трубопроводі подачі сиропу в апарат.

В контурі передбачено ланцюг живлення, який організований за допомогою блока живлення БП24-2к, 220/24 В. Використано два плавких запобіжники FU9 та FU11 для захисту пристроїв від короткого замикання.

Детально фрагмент схеми автоматизації та схеми підключення датчиків і ВМ до МІК51-Н даного контуру зображено на рис.3.3. та 3.4

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

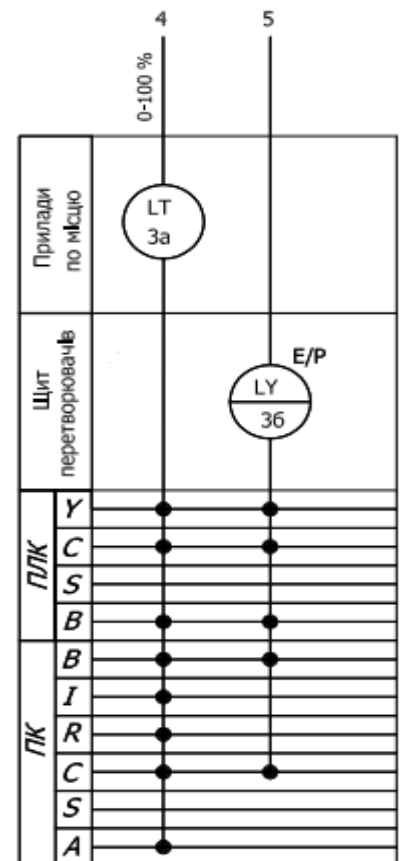
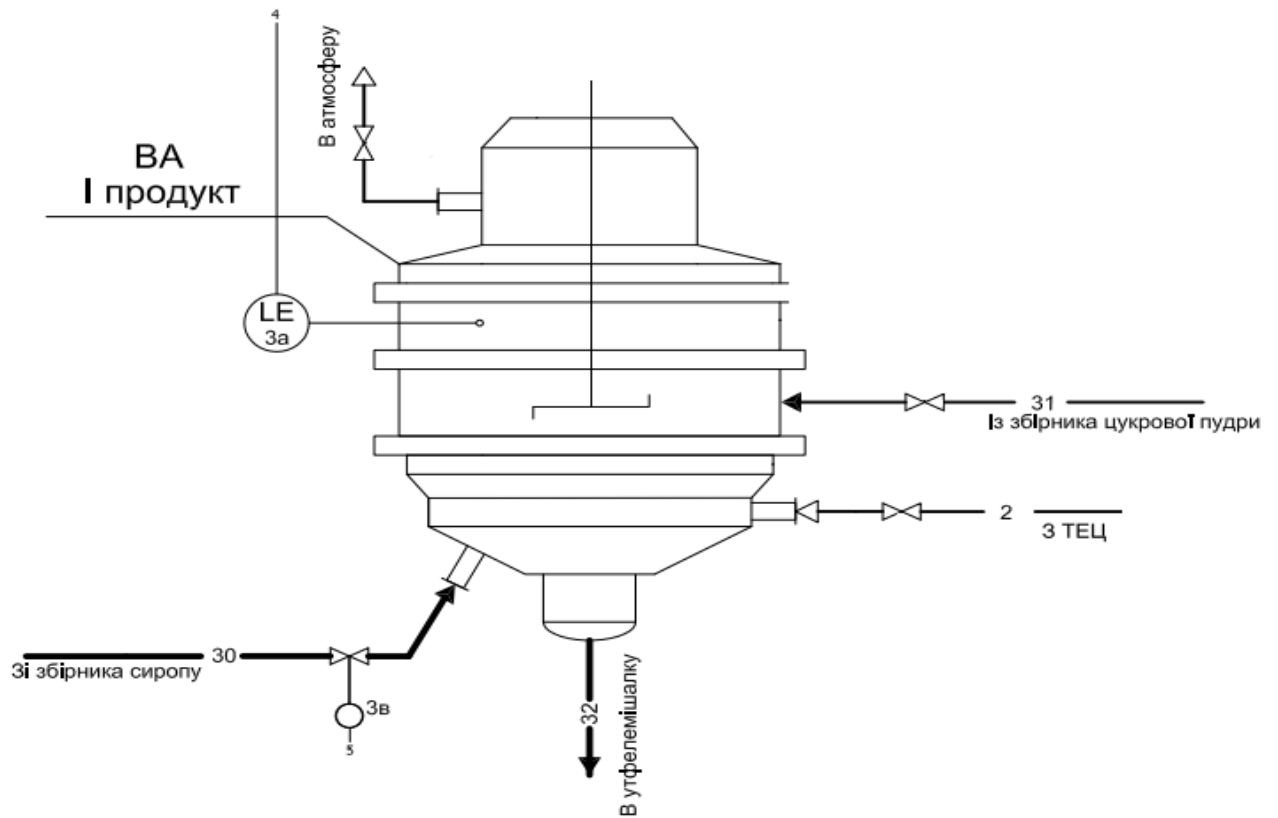


Рис.3.3.Схема автоматизації контур регулювання рівня у вакуум-апараті

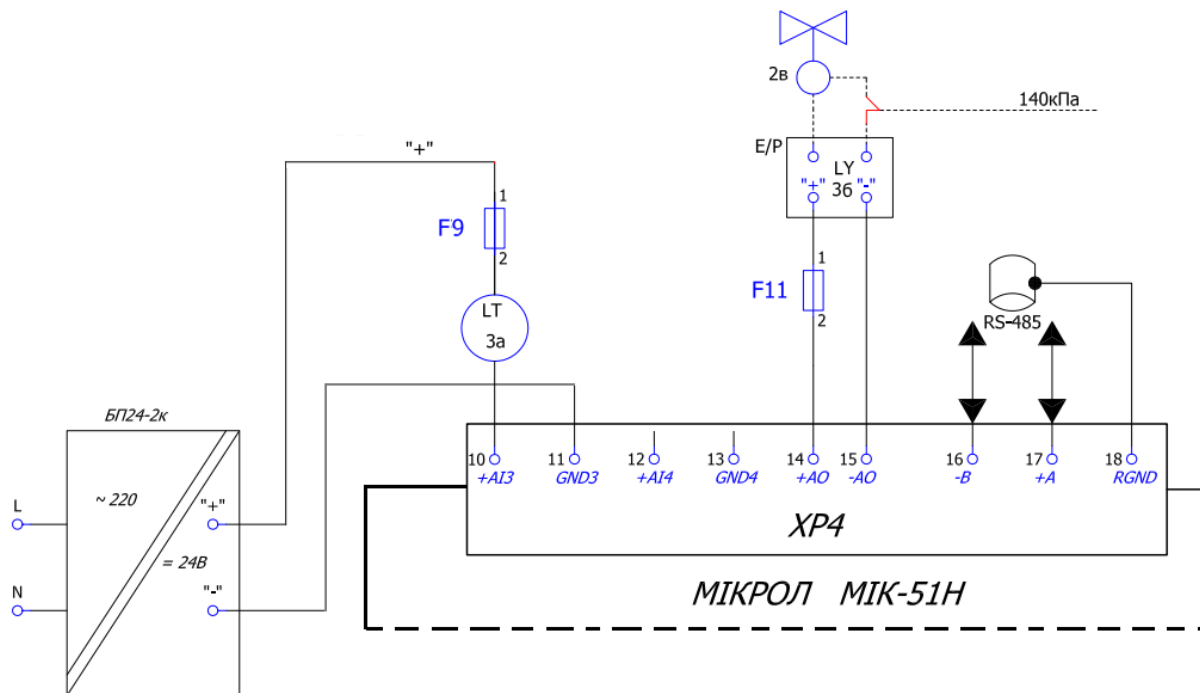


Рис.3.4. Схема підключення контуру регулювання рівня до MIK-51H

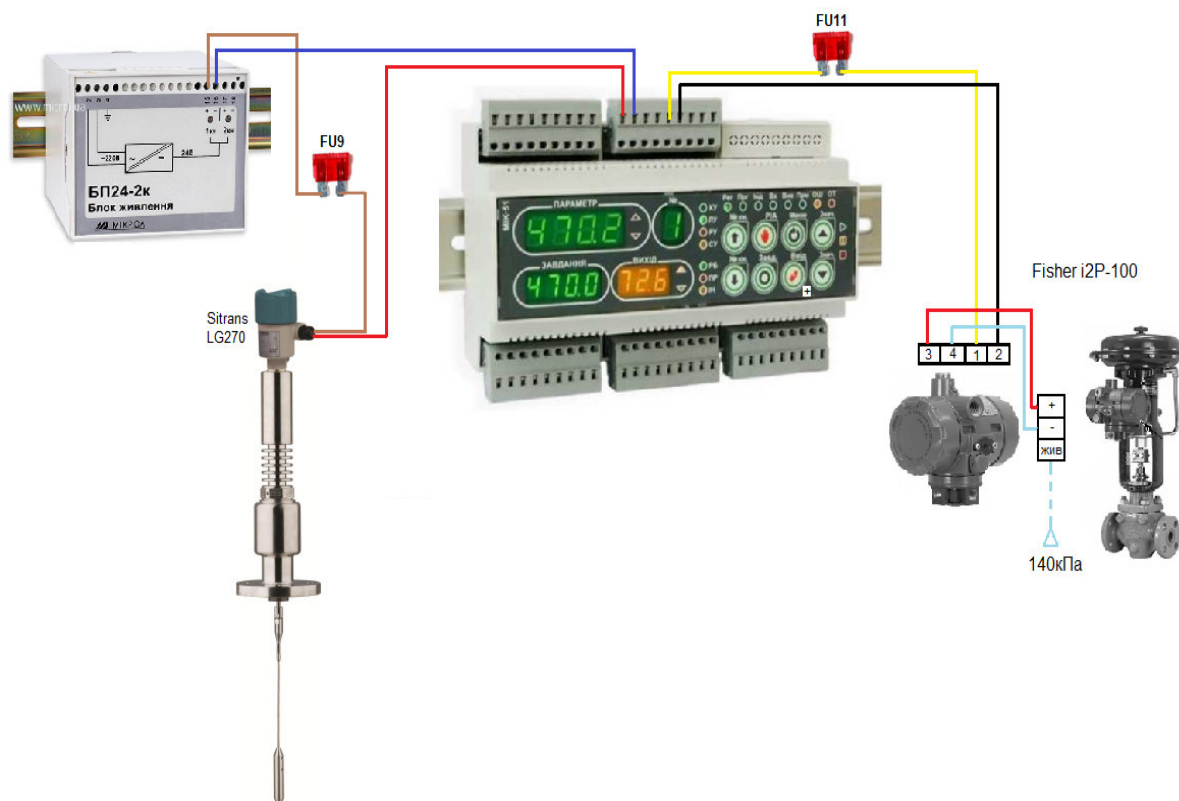


Рис.3.5. Графічне зображення розширеного контуру регулювання рівня у вакуум-апараті

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

РОЗДІЛ 4. Креслення встановлення технічного засобу

Для вимірювання якісного показника процесу кристалізації – вміст сухих речовин в утфелі у нашій системі автоматизації був обраний віскозиметр ВВУ-03 вітчизняного виробника – компанії Магмас Автоматик, які займаються автоматизацією цукрових заводів та виготовляють власні технічні засоби автоматизації, які впроваджують на своїх об'єктах.

Призначення віскозиметра - неперервне вимірювання та індикація в'язкості утфелю з передачею сигналу в систему автоматизації. Сигнал в'язкості використовується для контролю вмісту сухих речовин і для розкачки (розведення) утфелю.

Ротаційний датчик існує у 2 виконаннях:

- РДВ-02 з притискним механізмом для вакуум-апаратів.
- РДВ-03 без притискного механізму для ємностей під атмосферним тиском.

РДВ встановлюється за допомогою фланцевого з'єднання на ємність з утфелем, вал з вимірювальними дисками занурюється в утфель. Диски на валу з'ємні. 3 диски - це максимум, робочий варіант - 1 чи 2 диски.

Нормуючий перетворювач НПВ-03 встановлюється в квадратний отвір у стінці й закріплюється гвинтами фіксаторів. На дисплеї неперервно індікується значення в'язкості, всі налаштування виконуються кнопками з меню.

Особливості

- легко налаштовується через меню. Структура меню схожа з мобільними телефонами. Налаштування з меню не порушує роботи і

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Логвін О.С.			Розробка системи автоматизації процесу кристалізації цукру на цукровому заводі на базі ПЛК МІК-51Н	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Швед С.М.						
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.				НУХТ, ЗАК-2-2ск		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

може виконуватися на працюючому віскозиметрі;

- є можливість зупинки двигуна (двигун необхідно зупинити вчасно, притискаючи до вакуум-апарату під час вивантаження чи пропарки);
- захист від короткого замикання двигуна;
- враховується від'єднання й замикання двигуна й індикуються світлодіодом;
- струмовий вихід гальванічно відділений від решти схеми, налаштовується в діапазонах 0..5, 0..20, 4..20 мА і містить вихідну напругу не менше 10 В;
- контролюється реальний струм виходу й відхилення індикуються світлодіодом (у випадку обриву лінії, перевантаження).

Конструкція і зовнішній вигляд

ВВУ-03 складається з двох частин (рис 4.1):

- ротаційний датчик в'язкості РДВ-03 (РДВ-02);
- нормуючий перетворювач в'язкості утфелю НПВ-03;

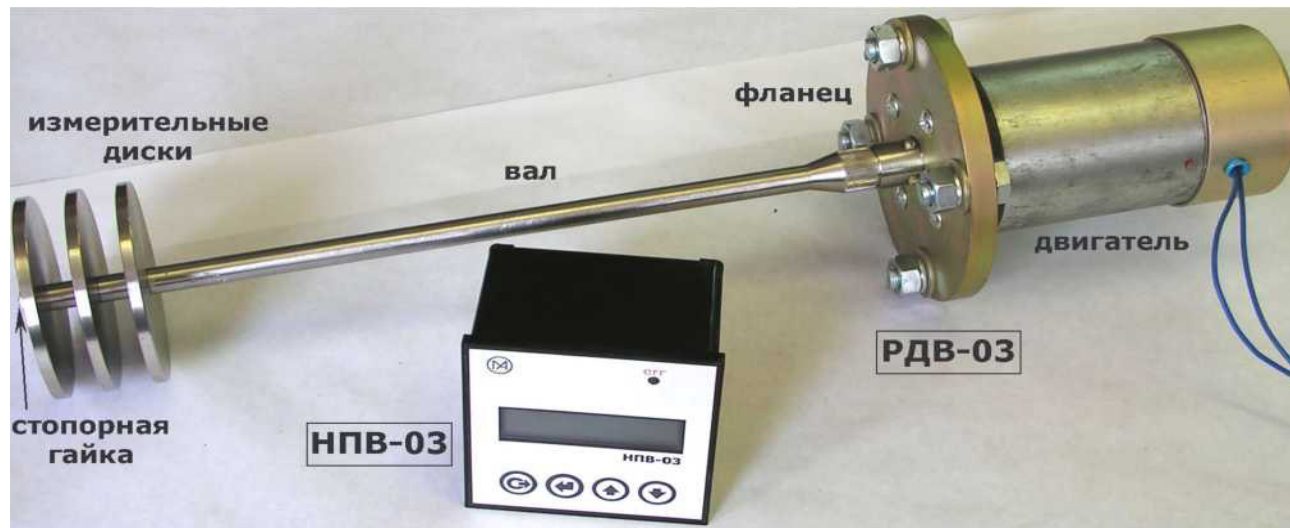


Рис.4.1. Конструкція і зовнішній вигляд

РДВ-03 побудований на основі двигуна постійного струму з незалежним збудженням від постійних магнітів ПІК 8-6 / 2,5. До валу двигуна жорстко прикріплений вал з вимірювальними дисками. Кількість вимірювальних дисків може змінюватися користувачем. Двигун за

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

допомогою чотирьох болтів М5 прикріплений до фланця. Фланець встановлюється безпосередньо на технологічному обладнанні.

НПВ-03 складається (рис 4.1, 4.2, 4.3) з корпусу 1, двох фіксаторів 2 для установки корпусу в цільову систему і двох відповідних роз'ємів для зовнішніх приєднань X51, X52. Встановлюється в квадратний отвір в стінці і закріплюється гвинтами фіксаторів 2. Фіксатори встановлюються в отвори 3 корпусу 1.

Корпус виконаний з чорної діелектричної пластмаси. Корпус закритий зйомною задньою стінкою 10.

На лицьовій панелі НПВ-03 розміщені (рис.4.2):

4 - світлодіод індикації помилок, який певним способом сигналізує про недозволені ситуації;

5 - двухстрочний ЖК-дисплей; відображає значення в'язкості і тип струмового виходу, в режимі настройки забезпечує навігацію в меню настройки (меню настройки описано нижче); На лицьовій панелі розміщені чотири кнопки:

6 - «вихід» / «скасування» / «видалення» (Cancel);

7 - «вибір» / «підтвердження» / «вхід» (Enter). В основному режимі роботи служить для переходу в режим настройки;

8 - «Більше» / «Вгору»;

9 - «Менше» / «Вниз».



Рис.4.2. Зовнішній вид НПВ-03

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

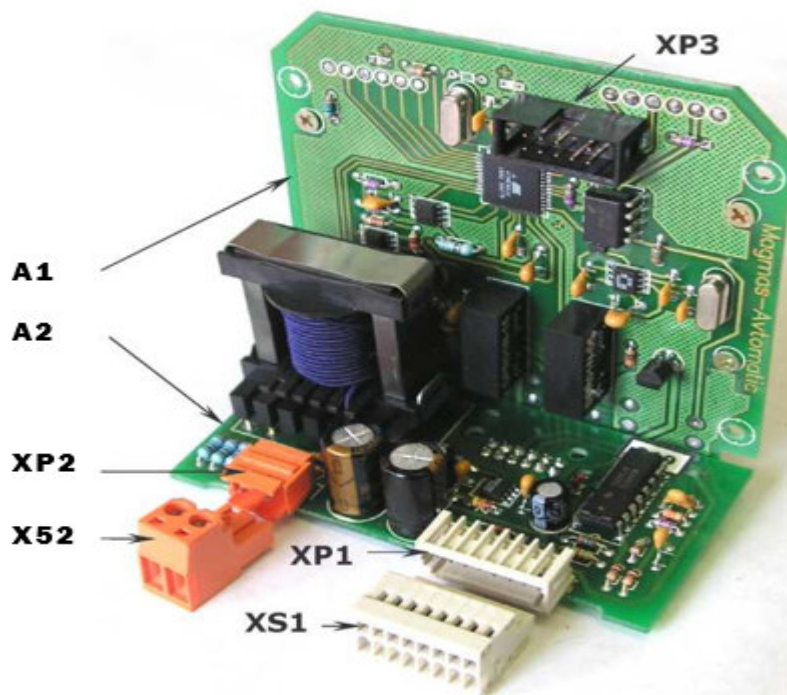


Рис.4.3. Електроніка НПВ-03

Електроніка НПВ-03 (рис.4.3) виконана на двох печатних платах А1 і А2, закріплених в корпусі 1 і пов'язаних роз'ємним з'єднанням. Плата А1 містить мікроконтролер, дисплей, кнопки, АЦП і ланцюги струмового виходу. На платі А2 виконана силова частина пристрою і роз'єми для зовнішніх приєднань.

Підключення НПВ-03 здійснюється через штирові роз'єми ХР1 і ХР2, розміщені на задній стінці 10. Відповідна частина роз'єму ХР1 - розетка з зажимами х51. Щоб під'єднати провід до розетки х51 досить відвести пружину викруткою і вставити зачищений провід.

Допустимий переріз проводів для роз'єму Х51 - 0,08..0,5 мм². Відповідна частина роз'єму ХР2 - розетка з зажимами під гвинт Х52. Допустимий переріз проводів для розетки Х52 - 0,08..0,5 мм². Багатожильні проводи необхідно обжимати накінецьниками.

Розетки Х51, Х52 приєднуються до вилок і знімаються без застосування інструментів додатком невеликого зусилля.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

Будова та принцип роботи ВВУ-03

Живлення здійснюється постійною напругою 24В. При відключеному двигуні споживання не перевищує 0,1А. Струм споживання від джерела напругою 24В при різному навантаженні на валу двигуна не перевищує 1.0 А.

Мікроконтролер і струмовий вихід мають власне ізольоване джерело живлення і, таким чином, ланцюг струмового виходу не має гальванічних зв'язків з вхідним джерелом і двигуном РДВ-03.

Управління двигуном по заданій механічній характеристиці $W_n(M)$ рис. 5.5. здійснюється широтно-імпульсним перетворювачем (ШІП). Механічна характеристика системи лінійна. Лінійність і повторюваність механічної характеристики забезпечується системою управління перетворювача зі зворотніми зв'язками по моменту на валу і частоті обертання якоря.

Є можливість зупинити обертання двигуна РДВ-03 подачею високого рівня (+24 В щодо негативного висновку джерела живлення) на вхід «СТОП» (контакт Х5 1:8). При переході напруги на вході «СТОП» в низьке стані двигун відновить обертання.

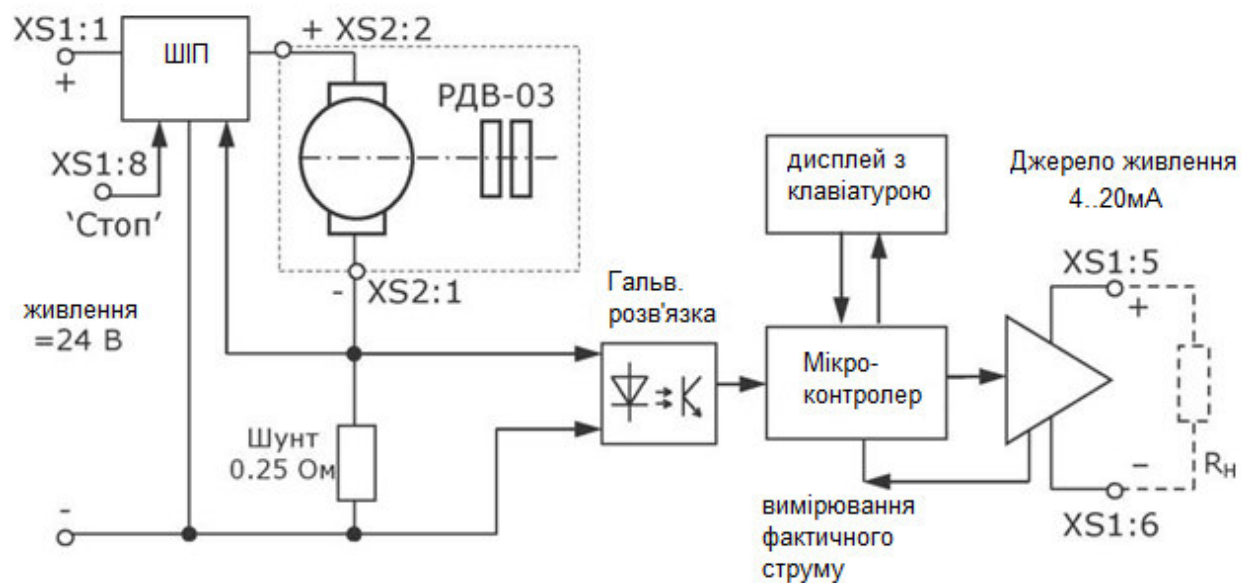


Рис.4.4. Структурна схема ВВУ-03

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.							

Кваліфікаційна робота

Принцип вимірювання в'язкості заснований на тому, що в'язкістю утфеля однозначно визначається точка перетину характеристики $W_H(M)$, що задається НПВ-03 і сімейства характеристик датчика РДВ-03 для різних в'язкостей (рис.4.5).

У віскозиметрі використовується двигун постійного струму з незалежним збудженням, для якого струм якоря пропорційний моменту на валу.

Струм якоря знімається мікроконтролером з шунта через вузол гальванічний розв'язки, обробляється (масштабується, фільтрується) і передається на струмовий вихід. Таким чином, на вихід передається сигнал, пропорційний моменту на валу, який є однозначною функцією в'язкості та може бути використаний для управління технологічними процесами.

Точне налаштування під двигун виконується по 2 точках - холостий хід та повна зупинка його. Налаштування краще всього виконувати на працюючому об'єкті, коли температура двигуна вийде на режим.

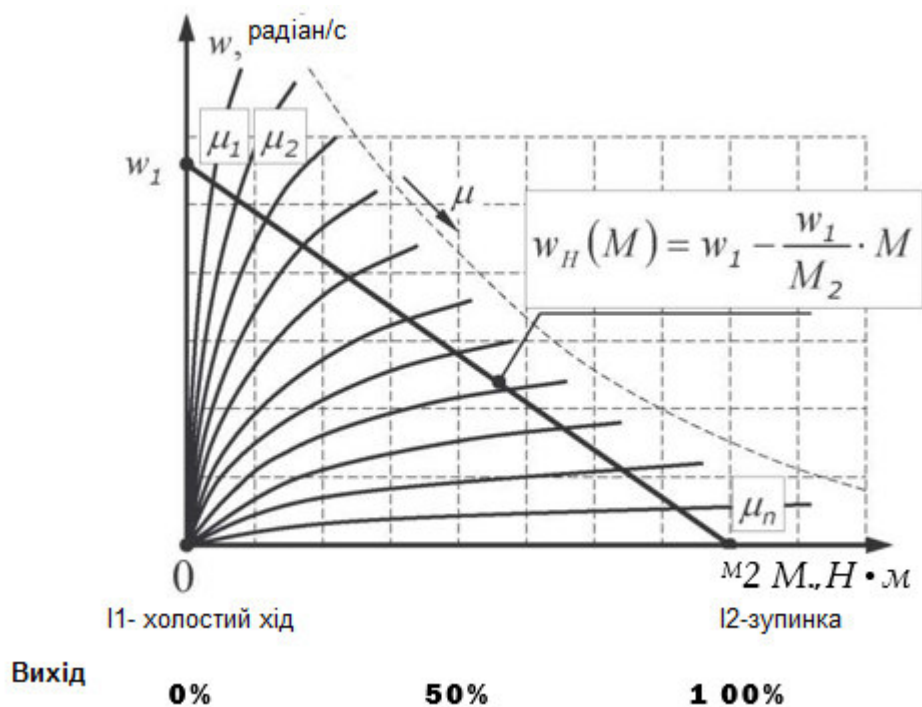


Рис.4.5. Принцип роботи РДВ-03

Мікроконтролер покладено в основу пристрою для виконання

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.							
Кваліфікаційна робота									

наступні функції:

- обробляє вхідний сигнал струму якоря;
- розраховує в'язкість;
- управляє струмовим виходом і засобами відображення;
- контролює фактичний вихідний струм і формує меню користувача.

Оперативне перепрограмування мікроконтролера (в разі оновлення програмного забезпечення) без переміщення НПВ-03 з місця роботи здійснюється через роз'єм ХРЗ. Загальний час, необхідний на оновлення програми, не перевищує 3 хв. при наявності відповідних устаткування і програм.

Струмовий вихід формується в обраному діапазоні: 0..5; 5..0; 0..20; 20..0; 4..20; 20..4 мА (перше число відповідає 0% виходу, друге - 100%).

Напруга на виводах при відключеному навантаженні становить 15В. Напруга на виводах не менше 10В при будь-якому навантаженні.

Калібрування виходу здійснюється програмно в меню настройки шляхом встановлення і запам'ятовування еталонного струму 20.0 мА на виході за допомогою зразкового міліамперметра.

Схема містить вузол вимірювання фактичного вихідного струму, який в реальному часі виявляє невідповідність струму заданого значення (в разі обриву ланцюга, завищення навантаження, несправності вихідних ланцюгів). У разі невідповідності величини струму на 2% і більше за допомогою світлодіода відображається помилка струмового виходу.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

РОЗДІЛ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для МІК-51Н

Програмування контролера виконується за допомогою клавіш передньої панелі або по інтерфейсу за допомогою спеціального програмного забезпечення - візуального редактора FBD-програм АЛЬФА.

Система програмування реалізована відповідно до вимог стандарту Міжнародної Електротехнічної Комісії (МЕК) IEC 1131-3 і призначена для розробки прикладного програмного забезпечення збору даних і керування технологічними процесами, виконуваними на програмовних контролерах.

В якості мови програмування в системі реалізовано мову функціональних блокових діаграм Function Block Diagram (FBD), що надає користувачеві механізм об'єктного візуального програмування. Процес програмування зводиться до того, що вибором з бібліотеки функціональних блоків, захистом в постійній пам'яті, викликаються потрібні з них і об'єднуються в систему заданої конфігурації і в яких встановлюються необхідні параметри налаштування.

За допомогою вбудованої енергонезалежної пам'яті програма користувача зберігається при відключенні живлення.

Контролер містить велику бібліотеку функціональних блоків, достатню для того, щоб вирішувати порівняно складні завдання автоматичного регулювання та логіко-програмного керування. Крім функціональних блоків автоматичного регулювання та логіко-програмного керування в бібліотеці є великий набір функціональних блоків, що виконують динамічні, статичні, математичні, логічні та аналого-дискретні перетворення сигналів.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Логвін О.С.			Розробка системи автоматизації процесу кристалізації цукру на цукровому заводі на базі ПЛК МІК-51Н	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Швед С.М.						
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.				НУХТ, ЗАК-2-2ск		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

Частина бібліотечних функціональних блоків виконує особливе завдання: вона пов'язує апаратуру контролера з основною масою функціональних блоків. До цих «зв'язкових» функціональних блоків відносять:

- функціональні блоки вводу і виводу аналогових і дискретних сигналів,
- функціональні блоки обслуговування лицьовій панелі,
- функціональні блоки прийому і передачі сигналів через інтерфейсний канал.

Апаратні елементи структури контролера (вхідні та вихідні УСО, лицьова панель, інтерфейсний канал) починають виконувати свої функції лише після того, як будуть використані будь-які відповідні функціональні блоки.

При програмуванні функціональними блоками в більшості випадків діють правила:

- функціональним блокам присвоюються порядкові номери, які ідентифікують блок в системі, а також визначають черговість виконання блоків в програмі;
- функціональному блоку може бути присвоєно будь-порядковий номер;
- в одній програмі функціональні блоки одного і того ж типу можна використовувати багаторазово;
- не може бути вільних (непідключених) входів функціонального блоку;
- допускаються зв'язки входів і виходів будь-якого типу, тому що перетворення типів здійснюється автоматично. З цих правил є такі винятки:
 - для деяких функціональних блоків є обмеження на кратність їх застосування в межах одного контролера. Так, функціональний блок аналогового вводу можна використовувати лише стільки разів, скільки є

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

Якщо %CP дорівнює 92, то клапан подачі цукрової пудри закрити та розпочати регулювання вмісту сухих речовин. На цьому закінчується процес роботи одного апарату.

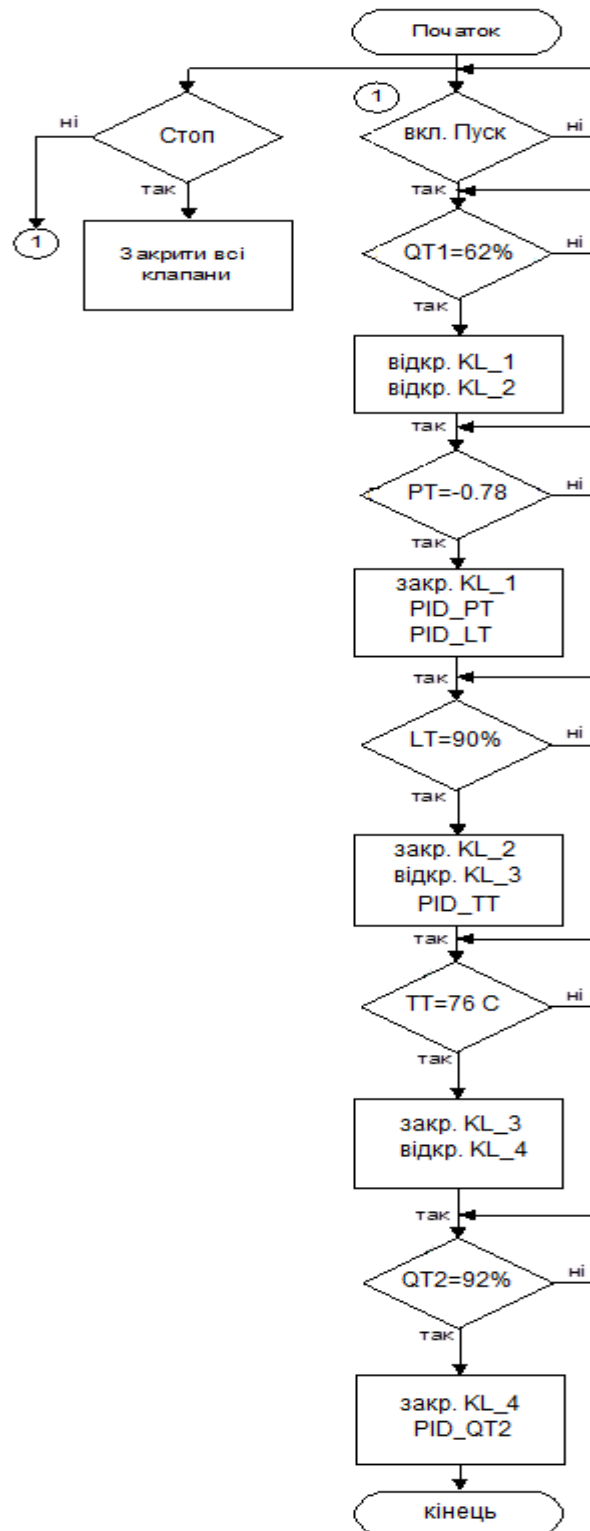


Рис.5.2. Фрагмен блок-схеми роботи одного ВА

РОЗДІЛ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

Для керування «Системою» передбачений персональний комп'ютер. Він потрібний для керування «Системою», для вводу-виводу параметрів роботи системи и для протоколювання. В «Системі» передбачений віконний режим роботи. При включені комп'ютера на екрані з'явиться мнемосхема вакуум-апаратів. Оператор має можливість спостерігати за технологічним процесом за допомогою мнемосхем «Системи», на якій виведені всі технічні і технологічні параметри. Ввід даних і керування системою здійснюється за допомогою клавіатури і комп'ютерної мишки.

Для входу в мнемосхему вакуум-апарата треба підвести курсор мишки до кнопки вибраного нами вакуум-апарата і натиснути ліву клавішу, з'явиться вікно див. рис.6.1.

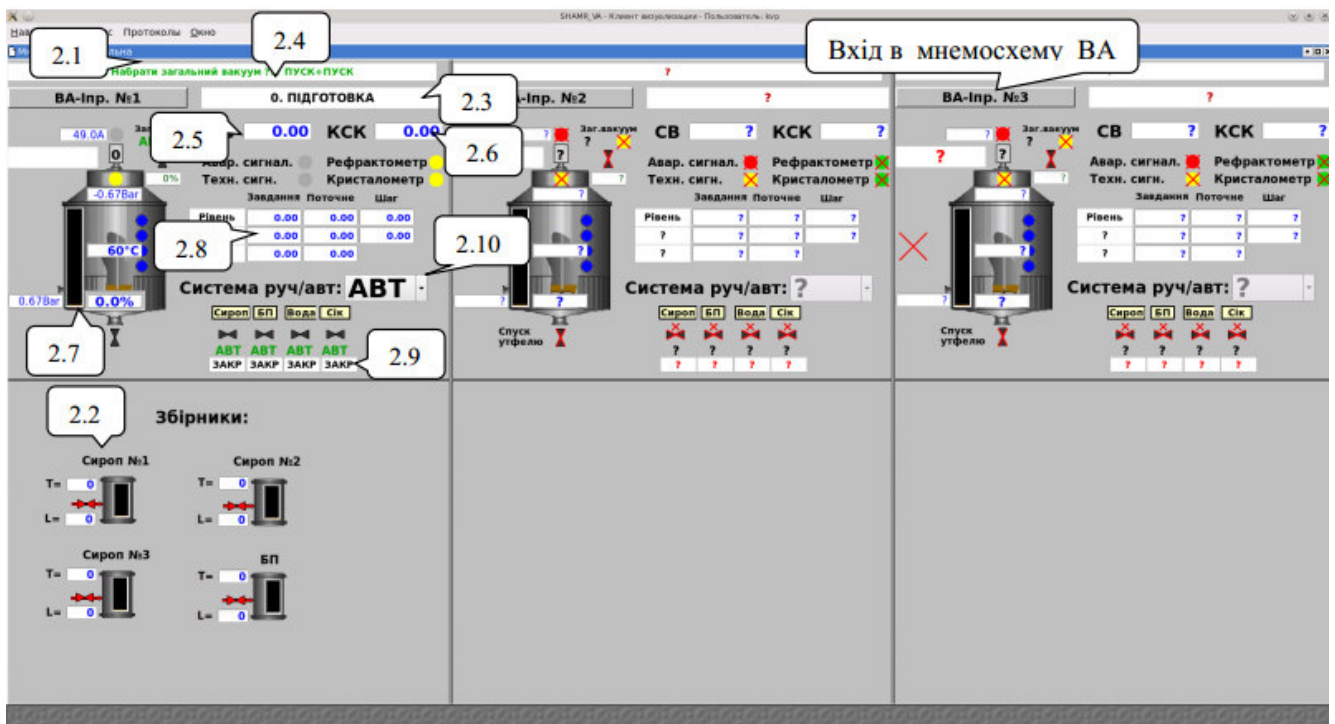


Рис.6.1. Мнемосхема процесу кристалізації з декількома вакуум-апаратами

					Кваліфікаційна робота									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації процесу кристалізації цукру на цукровому заводі на базі ПЛК МІК-51Н									
Розробив	Логвін О.С.									Літ.	Арк.	Аркушів		
Керівник	Швед С.М.									НУХТ, ЗАК-2-2ск				
Секретар ЕК	Проскурка Є.С.													
Зав.кафедри	Ельперін І.В.													

2.1. Відображення загальносистемних параметрів. Наприклад: СВ (Брікс), загальний тиск пару, вакуум і таке інше. Дана опція залежить від умов договору.

2.2. Відображення збірників продуктів на вакуум-апаратах, температури і рівні в них. Клапана пару, які використовуються для підтримання температури продуктів. Дана опція залежить від умов договору.

2.3. Вікно індикації, в якій фазі знаходиться вакуум-апарат.

2.4. Вікно індикації, повідомлень «Системи», підказок оператору.

2.5. Відображення СВ (Брікс) у вакуум-апараті.

2.6. Відображення КСК (концентрації кристалів) у вакуум-апараті.

2.7. Відображення розрідження (вакууму), рівня, температури у вакуум-апараті.

2.8. Колонки завдань і текучі значення технологічних параметрів для варки цукру в вакуум-апараті.

2.9. Відображення запірної арматури продуктів, які подаються в вакуум-апарат і їхній стан.

2.10. Включення «Системи» в автоматичний режим роботи, або включення «Системи» в ручний режим роботи. Перехід в режим роботи «Автомат» потрібно коли «Система» знаходиться в фазі «Підготовка». Якщо «Система» знаходиться в іншій фазі, то необхідно скористатися функцією «Перехід фаз». Ця функція доступна персональному комп'ютері «Системи» і на панелі керування і індикації щита управління «Системи». Також треба пам'ятати, що переходити в автоматичний режим роботи «Системи», треба при закритих автоматичних клапанах і затворах вакуум-апарату.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

При знаходженні «Системи» в певній фазі, ця фаза варки вакуум-апарата підсвічується зеленим кольором. Якщо напис назви фази зроблений синім кольором, а не чорним, то оператор може зробити перехід в вибрану ним фазу, за допомогою системної функції «Перехід фаз».

3.4. Меню вибору типу продукту на дану фазу, який подається в вакуум-апарат. Можливість вибору передбачено в наступних фазах:

- Розчистка1.
- Розчистка2.
- Розкачка.

3.5. Рядок індикації виконання фаз варки вакуум-апарату. В «Системі» передбачено можливість виконувати певні фази варки вакуум-апарату, чи не виконувати, в залежності від потреб технологічного процесу. В нас є можливість виконувати, чи не виконувати наступні фази варки вакуум-апарату:

- Стягування.
- Розкачка.

3.6. Колонка збірників продуктів, які використовуються для варки вакуум-апаратів. Індикація температур і рівнів в збірниках продуктів.

3.7. Індикація включення технологічної і аварійної сигналізації. Якщо кружок сірий, то сигналізація вимкнена.

Коли: • Аварійна сигналізація – кружок відображається червоним кольором, тобто іде індикація аварійного режиму роботи. Наприклад – включено утримання на воді. Тобто оператор повинний звернути увагу на цю подію. • Технологічна сигналізація – кружок відображається жовтим кольором, тобто іде індикація якоїсь технологічної події. Наприклад іде підказка оператору, що треба підготувати заправку.

3.8. Індикація стану вимірювальних приладів – рефрактометр і кристалометр. Коли колір кружка – зелений, це означає, що прилад справний. Коли колір кружка – червоний, це означає, що прилад несправний. І треба викликати службу експлуатації і ремонту.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

3.9 Включення «Системи» в автоматичний режим роботи, або включення «Системи» в ручний режим роботи. Перехід в режим роботи «Автомат» потрібно коли «Система» знаходиться в фазі «Підготовка». Якщо «Система» знаходиться в іншій фазі, то необхідно скористатися функцією «Перехід фаз». Ця функція доступна персональному комп'ютері «Системи» і на панелі керування і індикації щита управління «Системи». Також треба пам'ятати, що переходити в автоматичний режим роботи «Системи», треба при закритих автоматичних клапанах і затворах вакуум-апарату.

3.10 Вікно індикації в якій фазі роботи знаходиться «Система».

3.11 Вікно індикації повідомлень (підказок) оператору.

3.12 Колонки завдань і текучі значення технологічних параметрів для варки цукру в вакуумапараті.

3.13 Кнопка «Пуск / Підтвердження» певних технічних, чи технологічних дій оператором. Наприклад: «Набір сиропу». Дана кнопка ідентична кнопці «Пуск / Підтвердити» на панелі керування і індикації щита управління «Системи».

3.14 Кнопка «Перевести на воду» - натискуванням на цю кнопку оператор підтверджує перехід вакуум-апарату в режим «Утримання на воді». Цей режим використовується при певних «Аварійних» режимах роботи «Системи». Наприклад нема продукту, який використовується для підкачки у вакуум-апарат. Але це є аварійний режим роботи і він використовується лиш за необхідністю. При вході в режим роботи «Утримання на воді», «Система» запам'ятовує рівень в вакуум-апараті і автоматично підтримує його в певних межах. Також вона контролює СВ (Брікс) у вакуум-апараті. І при відхиленні його від заданих параметрів, інформує оператора про необхідність перевірити вакуум-апарат. Дана кнопка ідентична кнопці «Утримати на воді» на панелі керування і індикації щита управління «Системи».

3.15 Вікно відображення графіків СВ (Брікс), КСК (концентрації кристалів) і рівня в вакуумапараті.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

3.16 Відображення в цифровому вигляді СВ (Брікс), КСК (концентрації кристалів) і рівня (L) в вакуум-апараті.

3.17 Відображення роботи мішаючого пристрою (циркулятора) вакуум-апарату. Його включення в автоматичний режим роботи, або в ручний, з залежності від необхідності. Індикація швидкості мішалки вакуум-апарату в автоматичному режимі роботи і вибір швидкості при ручному режимі роботи. Відображення в цифровому вигляді струму електродвигуна мішалки вакуум-апарату. В «Системі» є можливість вибору 5 швидкості мішалки вакуум-апарату. При:

- Швидкість «0» - мішалка стоїть.
- Швидкість «1» - мішалка крутиться на найменшій швидкості.
- Швидкість «2» - мішалка крутиться на швидкості більшій ніж на швидкості «1».
- Швидкість «3» - мішалка крутиться на швидкості більшій ніж на швидкості «2».
- Швидкість «4» - мішалка крутиться на максимальній швидкості.

3.18 Кнопка підтвердження скиду утфеля з вакуум-апарату. Дана кнопка ідентична кнопці «Скид ВА» на панелі керування і індикації щита управління «Системи».

3.19 Відображення часу находження вакуум-апарату в фазі «Утфель готовий». Даний час оператору потрібно контролювати, бо по закінченню контрольного часу (як правило 6 хв.) «Система» переходить в режим роботи «Утримання на воді». Якщо «Система» перейшла в стан «Утфель готовий» оператор зобов'язаний перевірити стан утфеля і якщо час до спуску утфеля з вакуум-апарату буде більшим ніж час до переходу в режим роботи «Утримання на воді», то оператор повинний перевести перемикач води на щиті управління «Системи» в положення «Закрито» (Ручний режим роботи). Тоді по закінченню контрольного часу «Система» перейде в режим роботи «Утримання на воді», але затвор води не

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

відкриється. По закінченню стягування (уварювання) утфеля в вакуум-апараті і при настанні необхідності спуску утфеля з вакуум-апарату, оператор натисканням кнопки «Пуск» на панелі управління щита, виходить з режиму роботи «Утримання на воді». І даліше проводить спуск утфеля з вакуум-апарату згідно інструкції, керуючись підказками на панелі управління і індикації щита керування вакуум-апарату. По закінченню спуска утфеля з вакуум-апарату оператор зобов'язаний перевести перемикач води на щиті управління «Системи» в положення «Авт.» (Автоматичний режим роботи).

3.20 Кнопка входу в мнемосхему настройки варки оператором.

3.21 Кнопка переходу в загальну мнемосхему вакуум-апаратів і продукта.

3.22 Кнопка переходу в меню налаштувань «Системи».

3.23 Кнопки переходу в мнемосхеми других вакуум-апаратів.

3.24 Індикація часу затраченого на варку вакуум-апарату, по фазам і загальний час.

Аварійні ситуації

Підчас процесу варки вакуум-апарату можуть бути різні аварійні ситуації, які можуть суттєво вплинути на процес варки цукру.

Розглянемо типовий приклад. Під час варки вакуум-апарату іде підкачка сиропом, але кристали цукру ростуть і кристалометр це бачить і видає повідомлення, що кристалів більше ніж потрібно на даній стадії варки вакуум-апарату. Тобто по якісь причині сиропу не хватає, наприклад оператор поставив перемикач затвору сиропу в ручний режим роботи. Тоді «Система», по перевищенню аварійного значення КСК, або СВ, (в залежності що використовується на даному етапі варки вакуумапарату) відкриває воду. Щоб втримати завдання по КСК, або СВ заданих оператором межах. Якщо все стабілізується, то «Система» автоматично продовжить варку в звичайному режимі роботи.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

Протоколи – робота з архівами.

Даний пункт меню, в розгорнутому вигляді має наступний вигляд.

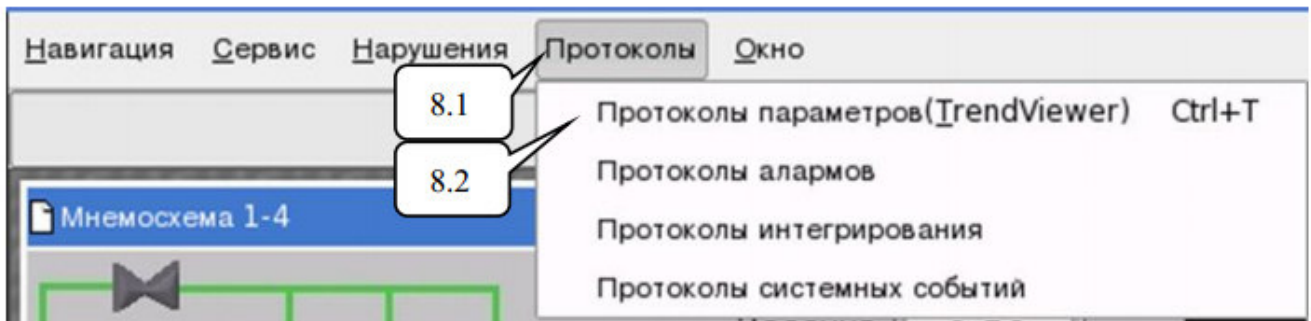


Рис.6.3. Виклик протоколу параметрів

Для виклику протоколів параметрів «Системи», оператор повинний підвести курсор комп'ютерної мишки до надпису «Протоколи» і натиснути на ліву клавішу мишки.

Появиться меню, в ньому підвести курсор комп'ютерної мишки до надпису «Протоколы параметров» і натиснути на ліву клавішу мишки.

Після виконання оператором дій, які описані вище, на моніторі «Системи» появиться мнемосхема протоколів.

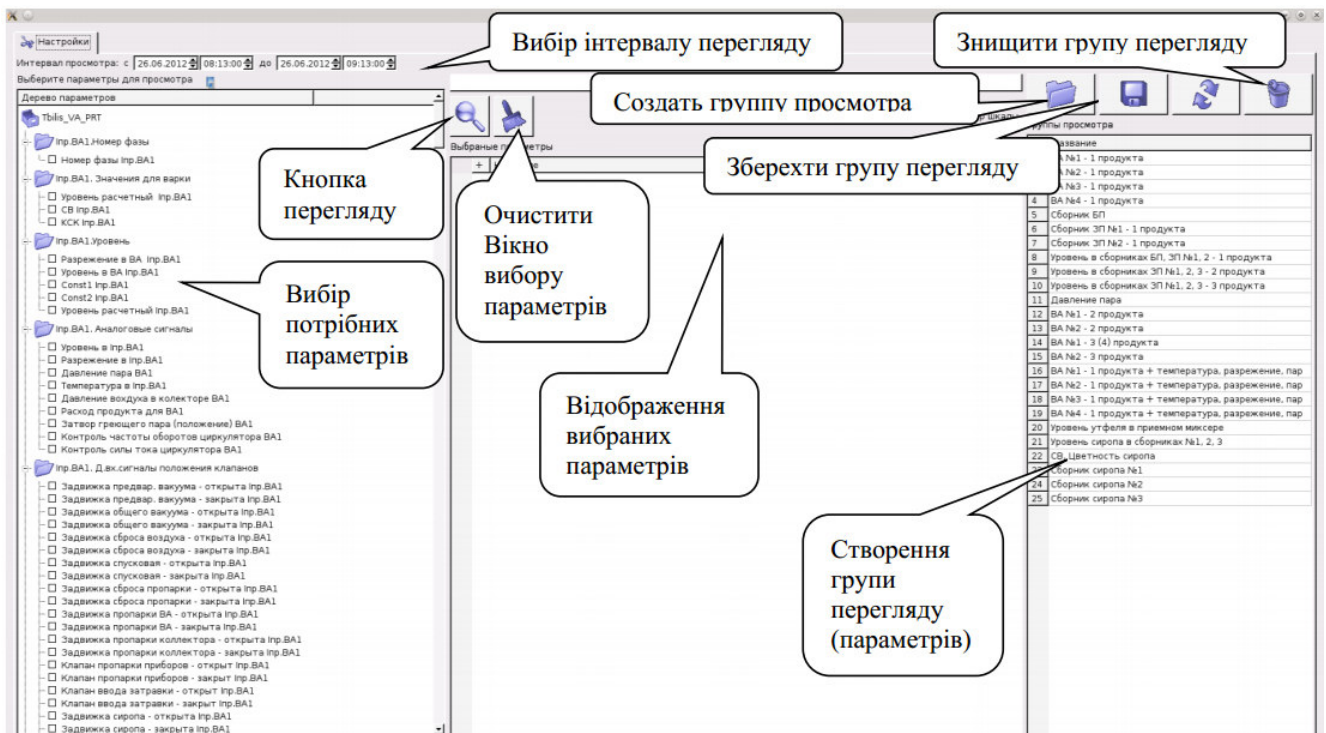


Рис.6.4. Протоколи

В протоколах параметрів, ми можемо вибрати потрібні нам для

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.							
Кваліфікаційна робота									

перегляду параметри, або вибрати вже готові групи перегляду.

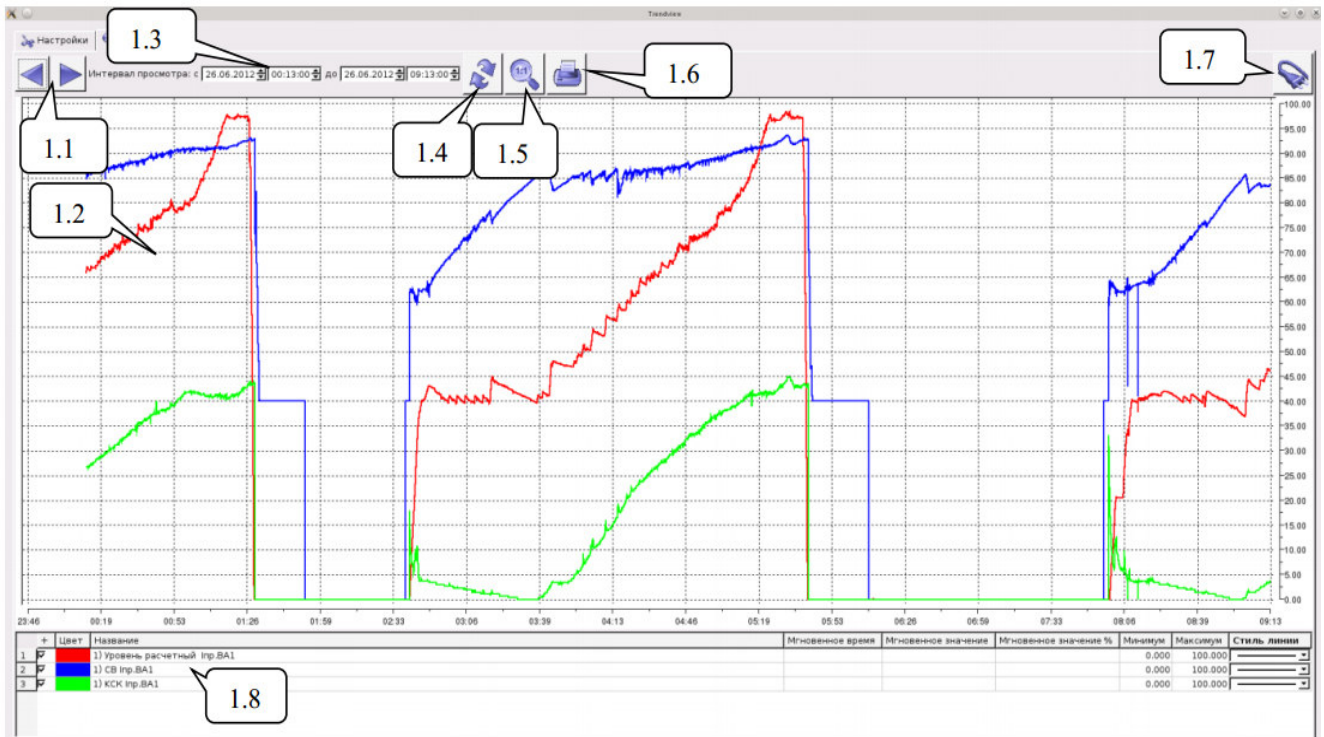


Рис.6.5. Тренды основных параметров процессу кристалізації

- 1.1. Кнопки гортання інтегрованих параметрів на період часу, який був заданий раніше.
- 1.2. Вікно перегляду вибраних параметрів.
- 1.3. Вибір інтервалу по часі, для перегляду вибраних параметрів.
- 1.4. При добавленні в вибрану групу перегляду нових параметрів без збереження, дана кнопка дозволяє оновити вікно перегляду.
- 1.5. В оператора є можливість вибрати любий часовий інтервал, який його інтересує і переглянути його більш детально. Для цього оператору потрібно натиснувши ліву клавішу комп'ютерної миші «Системи», і виділити потрібну йому область перегляду. Після цього виділена область масштабується на весь екран перегляду.

Щоб вернутись назад, оператор повинний підвести курсор миші до вказаної кнопки і натиснути ліву клавішу.

1.6 В оператора є можливість на печатати на принтері вікно перегляду. Для цього оператор повинний підвести курсор миші до вказаної кнопки і натиснути ліву клавішу.

1.7 Закритті вікна перегляду вибраних параметрів.

1.8 Список вибраних параметрів.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

РОЗДІЛ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

Комп'ютерне моделювання – це інструмент математичного моделювання, який застосовується для вивчення складних систем управління. Комп'ютерні моделі використовуються для отримання нових знань про об'єкт або для наближеної оцінки поведінки систем, занадто складних для аналітичного чи натурного дослідження.

В Кваліфікаційній роботі комп'ютерне моделювання виконується для підсистеми регулювання технологічної змінної для наступних задач:

- визначення оптимальної структури та/або параметрів САР;
- дослідження властивостей САР (стійкість, якість, енерговитрати);
- дослідження САР технологічними об'єктами, що функціонують в умовах нестационарності, нелінійності, невизначеності та ін.

Комп'ютерне моделювання проводиться в програмному середовищі Matlab, з використанням зовнішніх функцій Toolbox та Simulink.

Постановка задачі

Для системи автоматизації процесу кристалізації провести розрахунки перевірки системи на стійкість за допомогою методу Рауса-Гурвіца та знайти оптимальні налаштування ПІД регулятора.

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

Для проведення зазначеного вище аналізу потрібно вивести передаточні функції для об'єкту за каналами керування та різних збурень, скласти структурну схему об'єкта.

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Логвін О.С.			Розробка системи автоматизації процесу кристалізації цукру на цукровому заводі на базі ПЛК МІК-51Н	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Швед С.М.						
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.				НУХТ, ЗАК-2-2ск		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

Запишемо систему рівнянь в операторному вигляді, враховуючи нульові початкові умови та підставивши числові значення коефіцієнтів та сталих часу.

$$(2p+1) \Delta X_1(p) = 3 \Delta U_1(p) + 0.9 \Delta Z_1(p) + 0.3 \Delta X_2(p);$$

$$(4p+1) \Delta X_2(p) = 3 \Delta X_1(p) + 0.8 \Delta Z_2(p);$$

$$(6p+1) \Delta X_3(p) = 2.5 \Delta X_2(p) + 0.5 \Delta Z_3(p);$$

Визначимо передаточні функції для різних ємностей:

$$W_{1U}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{3}{2p+1}; W_{1Z}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta Z_1(p)} = \frac{0.9}{2p+1}; W_{21}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{0.3}{2p+1};$$

$$W_{2Z}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta Z_2(p)} = \frac{0.8}{4p+1}; W_{12}(p) = \frac{\Delta X_2(p)}{\Delta X_1(p)} = \frac{3}{4p+1};$$

$$W_{23}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta X_2(p)} = \frac{2.5}{6p+1}; W_{3Z}(p) = \frac{\Delta X_3(p)}{\Delta Z_3(p)} = \frac{0.5}{6p+1};$$

Складаємо структурну схему об'єкта:

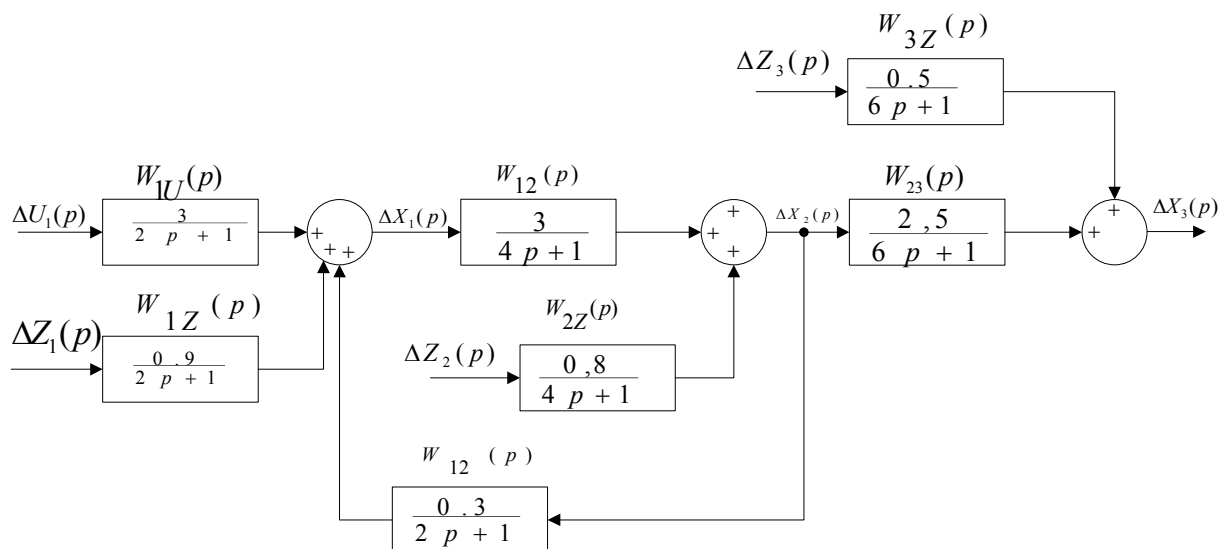


Рис.7.1. Структурна схема досліджуваної АСР

7.3. Моделювання АСР

Аналіз стійкості системи:

Розроблена САР в першу чергу має бути перевіреною на стійкість. Найбільше розповсюдження для перевірки стійкості отримали алгебраїчний критерій стійкості Рауса-Гурвиця та частотний критерій Найквіста. У відповідності до критерія Гурвиця потрібно скласти

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.							

Кваліфікаційна робота

визначник Гурвиця за характеристичним рівнянням замкненої системи $W_{зам}(p)$ за каналом управління:

$$W_{зам}(p) = \frac{W_p(p)W_{U1}(p)}{1 + W_p(p)W_{U1}(p)} = \frac{\frac{1.94 \cdot 225}{480p^3 + 440p^2 + 66p + 1}}{1 + \frac{1.94 \cdot 225}{480p^3 + 440p^2 + 66p + 1}} = \frac{331.5}{480p^3 + 440p^2 + 66p + 332.5}$$

Складаємо визначник Гурвиця:

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_2 & a_0 & 0 \\ a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & a_2 & a_0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 440 & 323.5 & 0 \\ 480 & 66 & 0 \\ 0 & 440 & 332.5 \end{vmatrix}$$

Звідси діагональні мінори:

$$\Delta_1 = 440 > 0;$$

$$\Delta_2 = 440 \cdot 66 - 480 \cdot 332.5 = 29040 - 159600 = -130560 < 0;$$

Робимо висновок, що відповідно до критерія Гурвиця замкнена система є нестійкою.

При дослідженні системи за допомогою критерія Рауса-Гурвиця було визначено, що система не стійка. Для того, щоб система стала стійкою використаємо ПІД регулятор та знайдемо оптимальні налаштування, як для ПІД так і для ПІ регуляторів.

Для цього будемо структурну схему САР у середовищі MatLab та додаємо П-регулятор шукаючи критичне значення $K_p^{кр}$, при якому система знаходиться на межі стійкості. Наближеними параметрами настройки ПІ- та ПІД-регуляторів будуть :

Параметры типовых регуляторов

	k_n	k_n	k_d
П-регулятор	$0,50k_n^*$		
ПИ-регулятор	$0,45k_n^*$	$0,54k_n^*/T^*$	
ПІД-регулятор	$0,60k_n^*$	$1,2k_n^*/T^*$	$0,075k_n^*T^*$

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

$K_p^{KP} = 0.2645$; $T_{per}=17,1$ (с).

Для ПІ-регулятора настройки будуть наступними:

$K_p = K_p^{KP} * 0,45 = 0.2645 * 0,45 = 0,119$

$K_i = (0,54 * K_p^{KP}) / T_{per} = 0,54 * 0.2645 / 17,1 = 0,00835$

Для ПІД-регулятора настройки будуть наступними:

$K_p = K_p^{KP} * 0,6 = 0,1587$

$K_i = (1,2 * K_p^{KP}) / T_{per} = 0,01856$

$K_d = 0,075 * K_p^{KP} * T_{per} = 1,12148$

Зменшення коефіцієнта передачі регулятора дозволяє забезпечити необхідний запас стійкості, хоча в цілому отримані настройки не гарантують досягнення екстремуму показника якості, наприклад, інтегрального критерію.

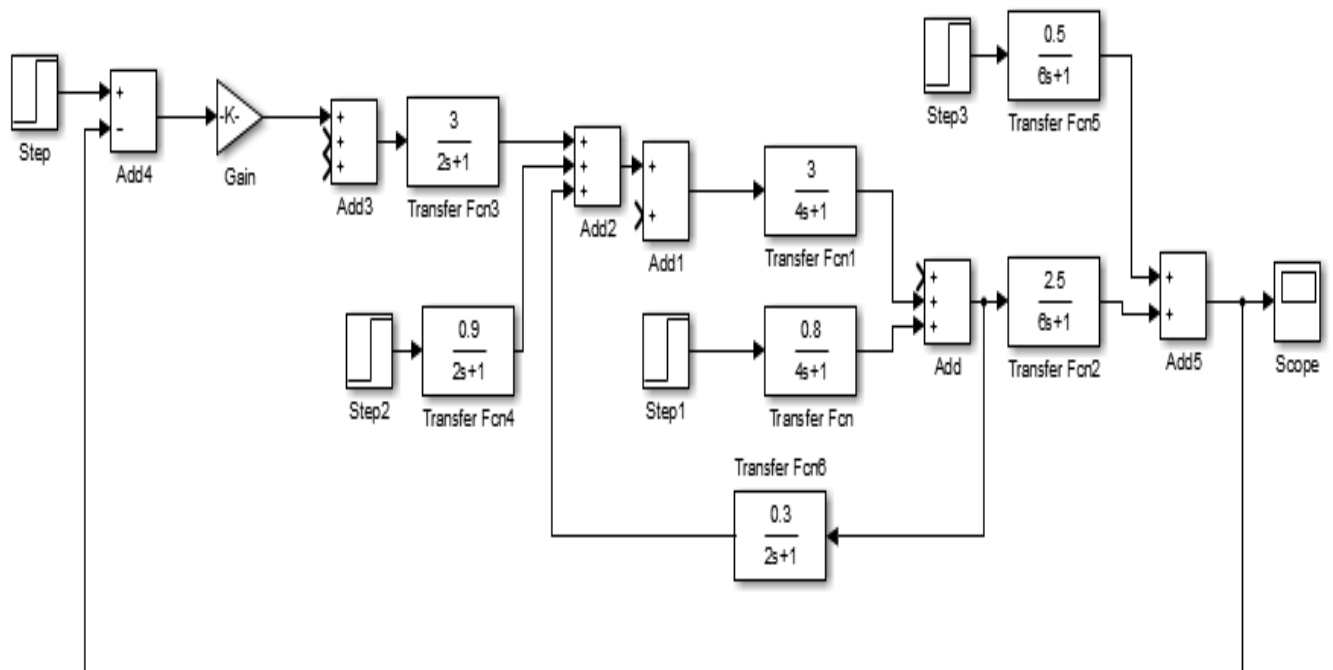


Рис.7.2. Структурна схема АСР з П-регулятором в Matlab

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.							

Кваліфікаційна робота

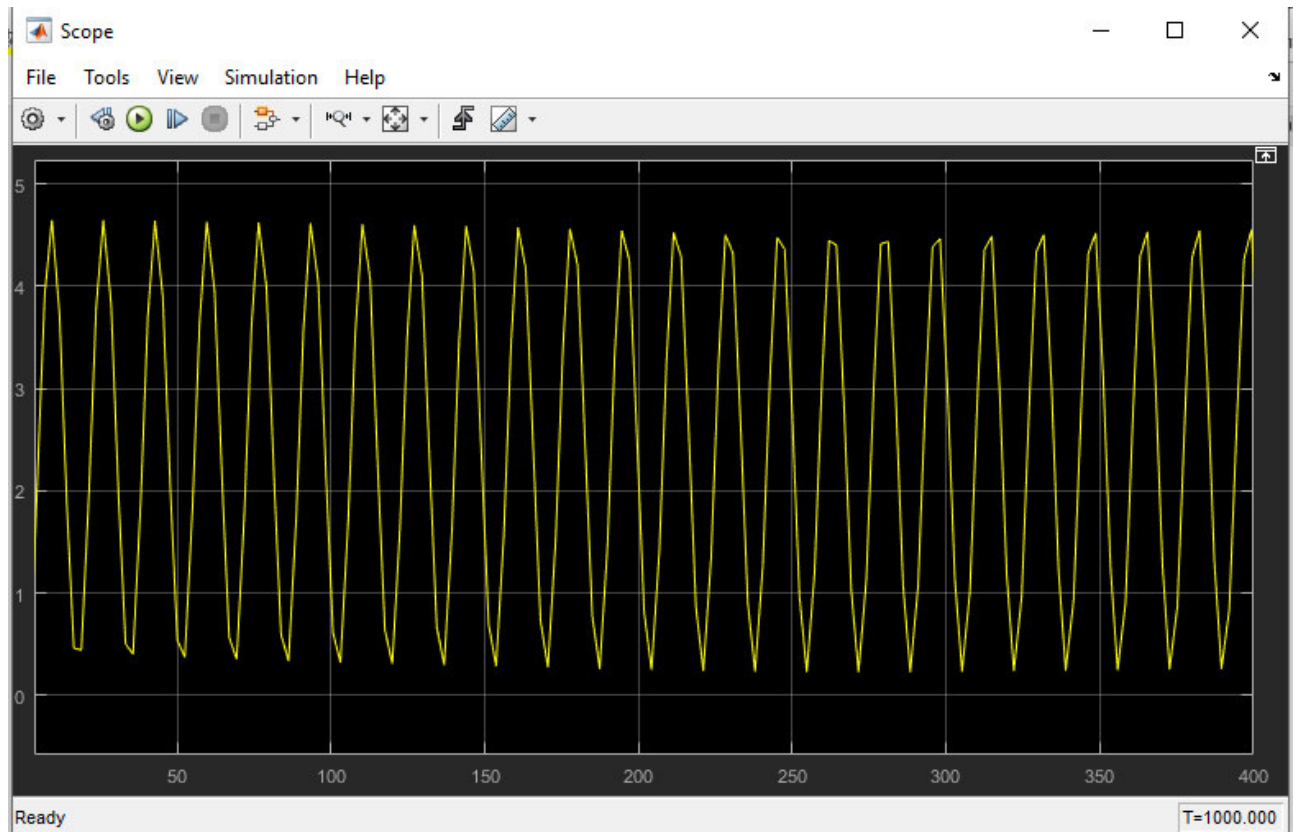


Рис.7.3. АСР на межі стійкості ($K_p^{KP} = 0,2645$)

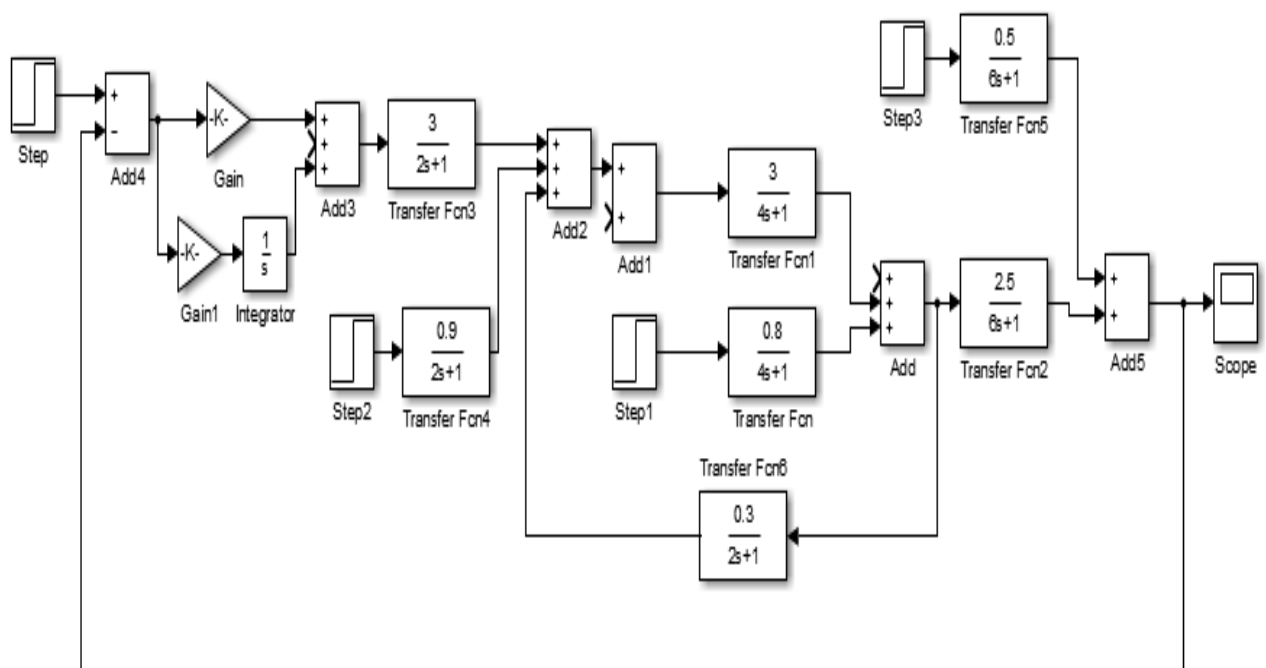


Рис.7.4. Структурна схема АСР з ПІ-регулятором

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

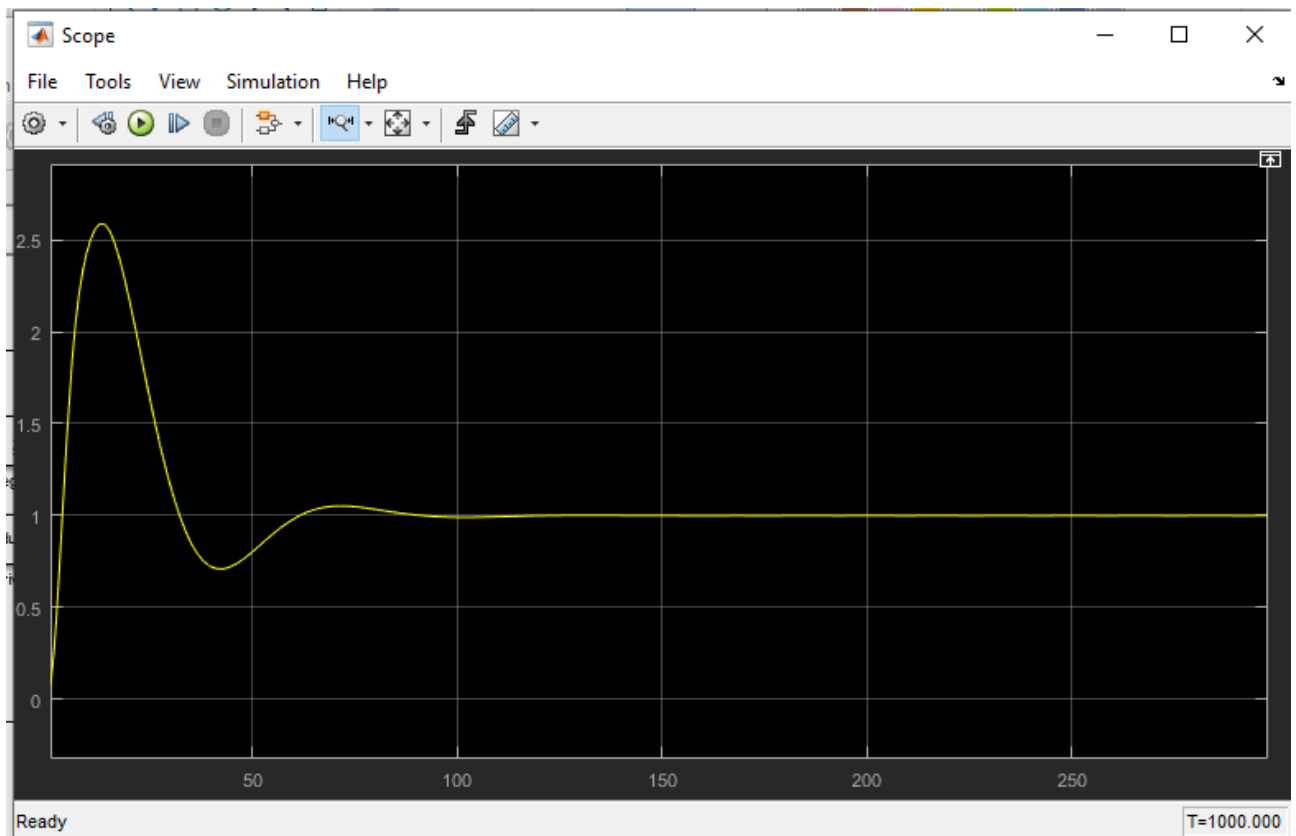


Рис.7.7. Перехідний процес АСР з ПІД-регулятором

Ступінь затухання:

$$\psi = (A1 - A3) / A1 = (1,6 - 0,05) / 1,6 = 0,97;$$

Після встановлення коефіцієнтів оптимальних настройк регулятора в структурній схемі і отримання перехідних процесів для ПІ та ПІД регуляторів. З графіків можна сказати, що найкраще справився із задачею ПІД регулятор, тому що він має найкращу ступінь затухання та малу динамічну похибку, ПІ-регулятор має дуже малу ступінь затухання та великі коливання.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.				

ВИСНОВОК

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації процесу кристалізації цукру на цукровому заводі на базі ПЛК МІК-51Н відповідає темі та завданню. Виконана згідно поставлених вимог до освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр.

Мною була розроблена автоматизована система керування на базі контролера МІК-51Н від Мікрол, для даного процесу, тут були застосовані сучасні вимірювальні засоби для вимірювання температури, рівня, тиску, а також візкозиметр для відслідковування вмісту сухих речовин в сиропі та утфелі.

Всі пристрої сумісні з роботою в парі з контролером, мають уніфікований вихідний сигнал по струму 4-20мА та HART протоколи, що дало змогу реалізувати роботу всього об'єкта та організувати автоматизоване робоче місце оператора технолога. Я розробив алгоритм роботи вакуум-апарату, який є центральним обладнанням процесу кристалізації, реалізував програму та для роботи об'єкта, підібрав пристрої для підключення до контролера, навів схеми підключень, складена специфікація на замовлення пристроїв, відповідно була розроблена та реалізована SCADA/HMI для оператора технолога.

Також була розроблена структурна схема АСР, та знайдені оптимальні налаштування ПІД- регулятора.

В подальшому рекомендовано наступний рівень модернізації АСК після досягнення певного прибутку після окупності за для підвищення ККД об'єкта та збільшення прибутку підприємства. Оновлення АСК слугує для зменшення втрат тепла, підвищення ККД установки, зменшення втрат енергоносія на нагрів теплоносія, а це також йде до збільшення прибутку підприємства.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Силин, П. М. Технология сахара / П.М. Силин. – К.: Пищевая промышленность, 1967. – 625с.
2. Сапронов, А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов. – М.: Колос, 1999. – 256 с.
3. Волошин, З.С. Автоматизация свеклосахарного производства / З.С. Волошин, Л.П.Макаренко . – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 340 с.
4. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання : / уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.
5. Ладанюк, А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості / А. П. Ладанюк, В.Г.Трегуб., І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 224 с.
6. Бабіченко, А.К. Промислові засоби автоматизації / А.К. Бабіченко. – Х.: НТУ «ХПІ», 2001. – 470 с.
7. Гончаренко, Б.М. Цифрові системи керування: Навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк, О.П.Лобок. – В.: Нова книга, 2007. – 160 с.
8. МІК-51Н Мікрол/ руководство по эксплуатации V.2.04.
<http://www.microl.ua/>
9. Руководство по эксплуатации FBD-программ АЛЬФА v.2.0.0.705.
<http://www.microl.ua/>
10. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.
11. Дудников, Е.Г. Автоматическое управление в химической промышленности: Учеб. для вузов / Под ред. Е.Г. Дудникова. – М.: Химия, 1987. – 368 с.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Карпин, Е.Б. Автоматизация технологических процессов пищевых производств: Учеб. для вузов / Под ред. Е.Б. Карпина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 536 с.
13. Ладанюк, А.П. Методи сучасної теорії управління / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук. – К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
14. Ладанюк, А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, ч.1. / А.П. Ладанюк. – В.: Нова книга, 2004. – 184 с.
15. Ладанюк, А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
16. Методичні вказівки до виконання схем автоматизації: бібл. номери 3148 та 6055.
17. Методичні вказівки до виконання принципів схем: бібл. номер 3168.
18. Методичні вказівки до виконання дисплейних мнемосхем: бібл. номери 5142 та 6055.
19. Нестеров, А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров. – СПб.: Издательство: ДЕАН, 2006. – 844 с.
20. Нестеров, А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 2. / А.Л. Нестеров. – СПб.: Издательство: ДЕАН, 2009. – 944 с.
21. Мікрохвильовий рівнемір Sitrans LG270.
<https://new.siemens.com/ua/uk.html>
22. Мікропроцесорний вимірювальний перетворювач температури Sitrans TF2 <https://new.siemens.com/ua/uk.html>
23. Вимірювальний перетворювач тиску Sitrans P серії Z
<https://new.siemens.com/ua/uk.html>
24. Вимірювальний перетворювач тиску для неагресивних та агресивних газів, пару та рідин Sitrans P серії MS
<https://new.siemens.com/ua/uk.html>

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. Устройство для определения вязкости утфеля ИВУ-03. Руководство по эксплуатации. https://magmas.com.ua/knowhow/visk_to.pdf
26. Трегуб, В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: Навчальний посібник / В.Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
27. 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-К, 2011. – 552 с.
28. Трегуб, В.Г. Методичні вказівки до проектування принципів схем мікропроцесорних систем автоматизації при виконанні курсових та дипломного проекту / Упоряд. В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, А.О. Карнаух. – К.: УДУХТ, 1994. – 56 с.
29. Фрайден, Дж. Современные датчики. Справочник / Дж. Фрайден. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
30. Ростовський, В.С. Системи технологій харчових виробництв. Навчальний посібник / В.С. Ростовський, А.В. Колісник. – К.: Кондор, 2008. – 215 с.
31. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.
32. Гончаренко, Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
33. Ладанюк, А.П. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2013. – 276 с.
34. SCADA Zenon. URL: <https://www.copa-data.com.ua/>
35. Пупена, О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах [Текст]: навчальний посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

36. Всесвітня мережа Internet.

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		