МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет)___*Автоматизації і комп'ютерних систем*_____
Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Директор інституту(декан факультету)	Завідувач кафедри
_____ _____	_____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)	(підпис) (прізвище та ініціали)
«___» _____ 20__р.	«___» _____ 20__р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності_*151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*_
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми_*«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*_____

на тему: *Розробка системи автоматизації сушильно-охолоджувальної установки цукрового заводу на базі ПЛК VIPA 100*_____

Виконав: здобувач__*2*__ курсу, групи__2ск___

___КЛИМЕНКО Владислав Володимирович_____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _Смітюх Ярослав Володимирович_____ _____
(прізвище , ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти_____ _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _Мухіна Катерина Євгенівна_ _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач_____
(підпис)

Київ - 2020р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

Спеціальність *151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*

Освітньо-професійна програма *«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

_____І.В.Ельперін

«___» _____2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Клименку Владиславу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації сушильно-охолоджувальної установки цукрового заводу на базі ПЛК VIPA 100*

керівник роботи *Смітюх Ярослав Володимирович, к.т.н, доцент*

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «27» квітня 2020 р. № 270-кс

2. Строк подання здобувачем роботи « 10 » червня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу.

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу
1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.
3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 27 квітня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Видача та затвердження завдання*	*Перед переддипломною практикою*	
2	*Розділ 1*	*Захист переддипломної практики*	
3	*Розділ 2*	*1 тиждень*	
4	*Розділ 3*	*2 тиждень*	
5	*Розділ 4 та 5*	*3 тиждень*	
6	*Розділ 6 та 7*	*4 тиждень*	
7	*Підготовка матеріалів до захисту*	*5 тиждень*	
8	*Захист кваліфікаційної роботи*	*6 тиждень*	

Здобувач Клименко В.В. _____
(підпис)

Керівник роботи Смітюх Я.В. _____
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота розроблена на тему: “Розробка системи автоматизації сушильно-охолоджувальної установки цукрового заводу на базі ПЛК VIPA 100” з використанням мікропроцесорного контролера Vipa System 100.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу:

1. Схема автоматизації.
2. Схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до контролера.
3. Креслення встановлення технічного засобу.

Особлива увага в даній роботі була приділена розробці системи автоматизації, вибору і розрахунку вимірювальних перетворювачів та виконавчих механізмів. Розроблена схема підключення датчиків і виконавчих механізмів до мікропроцесорного контролера.

В роботі розроблений алгоритм управління роботою сушильно-охолоджувальної установки цукрового заводу, який реалізований в спеціалізованому програмному забезпеченні для програмованого логічного контролера Vipa System 100. Для візуалізації та оперативного контролю технологічного процесу використано SCADA програма Zenon.

Також проведена перевірка розробленої системи автоматизованого керування на стійкість за допомогою критерія стійкості Рауса-Гурвіца. Отримані результати наведені в пояснювальній записці.

Ключові слова: сушильно-охолоджувальна установка, система автоматизованого керування, моделювання АСР, програмований логічний контролер, людино-машинний інтерфейс.

ANNOTATION

Qualification work is developed on the topic: "Development of automation system for drying and cooling plant of a sugar plant based on PLC VIPA 100" using a microprocessor controller Vipa System 100.

The work consists of a settlement and explanatory note and graphic material:

1. Automation scheme.

2. Scheme of connection of sensors and actuators to the controller.

3. Drawings of installation of technical means.

Particular attention in this work was paid to the development of automation, selection and calculation of measuring transducers and actuators. The scheme of connection of sensors and actuators to the microprocessor controller is developed.

The algorithm of control of work of drying and cooling installation of sugar factory which is realized in the specialized software for the microprocessor controller Vipa System 100 is developed in work. For visualization and operative control of technological process the SCADA program Zenon is used.

The developed automated control system was also tested for stability using the Rauss-Hurwitz stability criterion. The results obtained are given in the explanatory note.

Keywords: drying and cooling unit, automated control system, ACP simulation, programmable logic controller, human-machine interface.

ЗМІСТ

Вступ……..……7

Розділ 1. Характеристика об’єкта автоматизації…..…….…….…….....10

1.1. Технологічний опис об’єкта автоматизації …….…….....10

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації…….……14

Розділ 2. Опис системи автоматизації…….…….…….…..…...…...15

2.1. Аналіз існуючих систем автоматизації ……..……..…....15

2.2. Обгрунтування вибору технічних засобів, ВМ та РО …….……..…...21

2.3. Опис схеми автоматизації …….....22

2.4. Специфікація засобів автоматизації……25

Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК…….....27

3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера……..……..27

3.2. Загальна схема підключення…….....31

Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів……..……...……33

Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)…….……40

5.1. Опис та блок схема алгоритму……...40

5.2. Фрагмент програмного коду для реалізації алгоритму керування процесом сушки цукру в СОУ цукрового заводу……..43

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога….....……45

Розділ 7. Комп’ютерне моделювання системи автоматичного регулювання…..……..51

Висновки…….…….58

Список використаної літератури…….……..60

ВСТУП

Автоматизація технологічних процесів є одним з найважливіших засобів підвищення продуктивності праці, зменшення витрат матеріалів та енергії, покращення якості продукції, впровадження прогресивних методів керування.

На початку XXI століття автоматизація набула нових рис та особливостей у зв'язку з бурхливим розвитком технічних засобів – мікропроцесорної техніки і персональних електронно-обчислювальних машин, функціональні можливості яких дають змогу використовувати найдосконаліші методи в рамках сучасних складних систем керування. Мікропроцесорні пристрої та електронно-обчислювальні машини пов'язані між собою обчислювальними і керуючими мережами, дозволяють впроваджувати комп'ютерні технології у нетрадиційні сфери діяльності підприємства, що проявляється в інтеграції виробничих процесів та управління ними. Застосування мікропроцесорної техніки в харчовій промисловості дозволяє підвищити точність регулювання технологічними параметрами, зменшити виробничі втрати компонентів продукції.

Створення і впровадження таких систем в промисловість включає декілька послідовних етапів: проектування, монтаж, наладка і експлуатація.

Основними задачами автоматизації є інтенсифікація промисловості на основі впровадження нових досягнень науки і техніки, зменшення числа технологічних переходів; впровадження неперервних схем промисловості; кількісний та якісний ріст одиничних потужностей обладнання; подальше підвищення рівня механізації і автоматизації.

Масштабність задач, які вирішує харчова промисловість потребує створення заводів, цехів, ділянок з високим ступенем механізації і автоматизації виробництва; технологічними процесами і виробництвом на базі використання ПЛК та ПК; створення приладів і систем автоматизації на базі традиційних технічних засобів, а також мікропроцесорної техніки; розробки і впровадження промислових роботів і маніпуляторів.

В даній кваліфікаційній роботі розроблено систему автоматизації процесу сушіння цукру в сушильно-охолоджувальній установці СОУ на цукровому заводі, яка

передбачає:

- покращення якості регулювання основних технологічних параметрів;
- зменшення відхилення від норм технологічного режиму;
- заміну морально та фізично застарілих існуючих засобів автоматизації;
- реалізацію сучасних принципів керування;
- покращення технологічної дисципліни за рахунок постійного контролю по виконанню норм технологічного режиму і можливості аналізу історії параметрів за любий період часу;
- зменшення праці технологічного персоналу;
- аналіз виникаючих ситуацій та своєчасного прийняття рішень за рахунок виділення і показу інформації на мнемосхемах ПК, графіках параметрів;
- аналіз аварійних ситуацій за допомогою роздрукування графіків;
- підвищення професіональної підготовки технологічного персоналу, персоналу служби КВПіА.

Метою розробленої системи є підвищення ефективності праці, покращення якості продукції, яка випускається, створення умов для оптимального використання всіх ресурсів промисловості.

Автоматизація технологічного процесу сушіння та охолодження цукру забезпечує якісну і ефективну роботу технологічних ділянок тільки у випадку комплексного підходу до вирішення цієї задачі. При такому підході варто підготувати до автоматизації технологічне устаткування, технологію і вибрати необхідні засоби автоматизації для основних і допоміжних процесів.

Велике значення при підготовці об’єкта або технологічної ділянки до автоматизації має вибір основних технологічних параметрів, по яких здійснюється об’єктивне керування процесом.

Ритмічна робота підприємства в значній мірі забезпечується системами керування й обумовлює високі показники його роботи.

Отже, враховуючи вище сказане, кваліфікаційна робота на тему: «Розробка системи автоматизації сушильно-охолоджувальної установки цукрового заводу на базі ПЛК VIPA100» є актуальною, оскільки передбачає впровадження сучасної

мікропроцесорної техніки та новітніх підходів в автоматизації технологічних комплексів, значне зменшення витрат енергоресурсів, підвищення продуктивності праці, покращення якості випускаємої продукції за рахунок підтримки оптимального режиму роботи даного технологічного процесу, а також зменшення праці персоналу.

РОЗДІЛ 1
ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Найважливішим показниками сучасного науково-технічного прогресу є значна інтенсифікація технологічних процесів, зростання потужності та продуктивності техноагрегатів і тісно пов’язаний з ними розвиток технічних засобів та техніки управління. Сучасні автоматизовані системи керування технологічними процесами потребують значної кількості і різноманітності засобів вимірювання, що забезпечують покази вимірювальної інформації у формі, яка є зручною для дистанційної передачі, зберігання, подальшого перетворення, обробки та її відображення. Вимірювання сприяють новим науково-технічним відкриттям та впровадженню їх у виробництво, забезпечують об’єктивний контроль за технологічними процесами, надійністю роботи обладнання, економічністю виробництва.

Енергетику, металургію, хімічну і харчову галузі промисловості не можна собі уявити без сучасних засобів вимірювання. Особливо важливе значення має контроль за технологічними процесами для рішення проблеми якості продукції і ефективності виробництва. В харчовій промисловості, що включає в себе більш, як 30 самостійних галузей, широко використовуються контрольно-вимірювальні прилади загального призначення для безперервного автоматичного контролю і регулювання технологічних процесів та окремих параметрів таких як температура, тиск, рівень, витрата тощо.

В останні роки особливого значення набули прилади автоматичного контролю показників якості вихідної сировини, напівпродуктів і готової продукції в усіх харчових галузях, оскільки до якості продукції ставляться високі вимоги. Все більше при управлінні технологічними процесами застосовують сигнали вимірювальної інформації щодо якісного складу.

1.1. Аналіз технологічної дільниці як об'єкта автоматизації

У цукробуряковому виробництві висушуванню піддаються цукор-пісок та віджатий буряковий жом. Процес сушіння полягає у видаленні вологи з матеріалів для їх кращого зберігання та надання їм транспортабельності. Теплоносієм слугує підігріте повітря, що переміщається по відношенню до висушуваного цукру противоточно або перехресним напрямком. Для сушіння цукру-піску застосовуються конвективні сушарки безперервної дії. Вони можуть бути одно - або двох або багато барабанними. В останні роки все ширше застосовують спосіб сушіння цукру-піску - у псевдо киплячому шарі. Оскільки волога в цукрі-піску знаходиться на поверхні кристалу, то сушіння в киплячому шарі може значно інтенсифікувати процес, пов’язаний із зовнішнім теплом - та масообміном.

В даному дипломному проекті для сушки цукру використовується сушильно-охолоджувальна установка СОУ, яка складається з двох камер сушильної та охолоджувальної, до яких подається гаряче та холодне повітря відповідно.

Для того, щоб кристали вологого цукру при транспортуванні до СОУ менше пошкоджувалися, застосовують віброконвеєр на котках, по якому цукор рухається підскакуючись, цим самим встряхуючись підсушується. Оскільки майже вся волога знаходиться на поверхні кристалів, цукор-пісок легко висушити.

З віброконвеєра цукор подається у вертикальний ковшовий елеватор, піднімається і з температурою 55-60 °С завантажується до сушильної камери, де його висушують гарячим повітрям, підігрітим до температури 120 °С вкалорифері, до вмісту вологи 0,14% – при завантаженні у мішки та до 0,02%-0,03% – при зберіганні в силосах.

Цукор подається до сушильного барабану паралельно з потоком гарячого повітря, в результаті обертання барабана пересипається лопатками і переміщується до протилежного кінця. З сушильної камери гарячий цукор надходить в охолоджувальну камеру, де холодним повітрям з вентилятора охолоджується до температури 22-25 °С. Далі сухий охолоджений цукор подається на стрічковий транспортер, де його звільняють за допомогою магнітного сепаратора від феромагнітних домішок, звідти в сортувальний барабан, в якому за рахунок обертання, від цукру відокремлюють грудочки, а лиш потім цукор-пісок надходить до бункеру для зберігання цукру.

З сушильно-охолоджувальної установки повітря з цукровим пилом подається на два циклони для мокрої та сухої очистки повітря від цукрового пилу, а звідти через вентилятор в атмосферу. Використання послідовно розміщених циклонів сухої та вологої очистки дає змогу ефективно і якісно очистити повітря від цукрового пилу з мінімальними втратами цукрової пудри.

Цукрова пудра, яка осідає в циклонах №1 і №2, разом з грудочками, які відокремлені в сортувальному барабані, надходять до мішалки, а звідти перемішена цукрова суміш подається на клеровку.

Для прийняття найбільш раціональних рішень для ефективного керування даним технологічним об'єктом задачу керування ним необхідно формалізувати, зобразити процес у вигляді параметричної схеми, на якій виділяються основні групи параметрів, що характеризують стан процесу в будь-який момент часу.

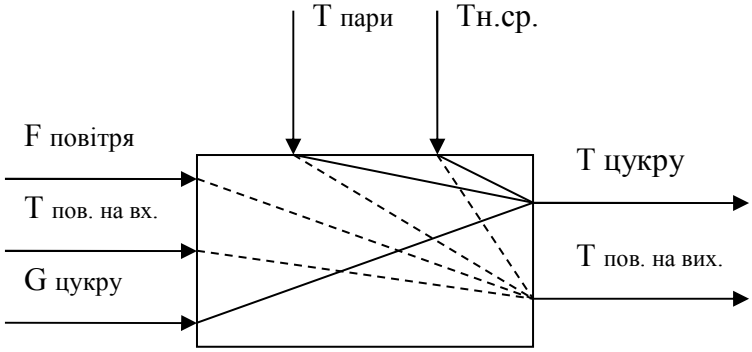


Рис. 1.1. Параметрична схема сушильної камери

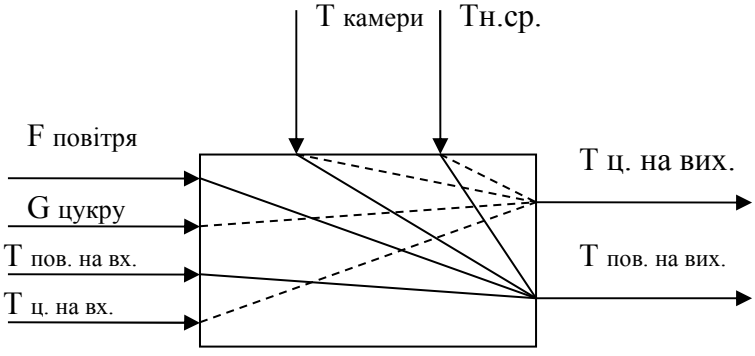


Рис.1.2. Параметрична схема охолоджувальної камери

Автоматизована система керування АСК процесом сушки цукру на цукровому заводі повинна бути однорівневою, відноситись до нижнього ієрархічного рівня АСУ ТК. Система складається з технічних засобів автоматизації, промислового логічного контролера (ПЛК) Vipa 100, персонального комп'ютера (ПК), що може мати

інтерфейсний зв’язок з заводським ПК.

Дана система повинна бути сумісною з системами управління на інших ділянках виробництва.

АСК експлуатується в умовах роботи цукрового заводу у виробничий сезон. Підприємство працює в дві зміни, технологічний процес – неперервний, тривалість роботи – 80 діб.

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

Система повинна функціонувати як в автоматичному, так і в ручному режимах роботи.

Система управління повинна адаптуватись до поточної технологічної ситуації на заводі. Якість реалізації функцій АСК визначається точністю, швидкодією, надійністю. Швидкодія системи визначається часом вироблення управляючої дії, який не повинен перевищувати 5 с.

1.2. Завдання на розробку системи автоматизації

Таблиця 1.1.

№ п/п	Місце відбору	Регульований параметр	Допустимі значення пар-ру	Вид контролю	Додаткові вимоги
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1.	Трубопровід подачі цукру в СОУ	Температура	55-60 °С	Контроль	Покази, запис, світлова сигналізація
2.	Трубопровід подачі гарячого повітря в СОУ	Тиск	МПа	Контроль	Покази, запис, світлова сигналізація
3.		Температура	120 °С	Контроль, регулювання	Покази, запис Дія на клапан подачі гарячого повітря

1	2	3	4	5	6
4.	Трубопровід подачі холодного повітря в СОУ	Тиск	МПа	Контроль	Покази, запис, світлова сигналізація
5.	Трубопровід подачі сухого цукру на транспортер	Температура	22-25 °С	Контроль, регулювання	Покази, запис Дія на клапан подачі холодного повітря
6.		Вологість	0,02-0,03 %	Контроль	Покази, запис
7.	Циклон №1	Рівень	Min Max	Контроль, регулювання	Покази, запис Дія на клапан подачі цукрового пилу в циклон №1
8.	Циклон №2	Рівень	Min Max	Контроль, регулювання	Покази, запис Дія на клапан подачі цукрового пилу в циклон №2
9.	Трубопровід подачі очищеного повітря у вентилятор	Витрата	170 м³/год	Контроль, регулювання	Покази, запис Дія на клапан подачі очищенного повітря
10.	Бункер цукру	Рівень	0-100 %	Контроль	Покази, запис, світлова сигналізація
11.	Електодвигун СОУ	Стан	-	Управління (ручне та дистанційне)	Пуск, зупинення Світлова сигналізація
12.	Електодвигун вентилятора для очищеного повітря	Стан	-	Управління (ручне та дистанційне)	Пуск, зупинення Світлова сигналізація

1	2	3	4	5	6
13.	Електодвигун мішалки	Стан	-	Управління (ручне та дистанційне)	Пуск, зупинення Світлова сигналізація
14.	Електодвигун транспортера	Стан	-	Управління (ручне та дистанційне)	Пуск, зупинення Світлова сигналізація
15.	Електодвигун сортувального барабану	Стан	-	Управління (ручне та дистанційне)	Пуск, зупинення Світлова сигналізація

РОЗДІЛ 2

ОПИС СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1. Аналіз існуючих систем автоматизації

Розробляючи сучасну автоматизовану систему керування будь яким технологічним процесом ТК, необхідно оцінювати рівень та можливості підприємства, вимоги які висуваються до створюваної системи. Відомо, що досі існує проблема при розробці оптимальних структур систем керування для конкретних технологічних комплексів (ТК) та обробки інформації на основі локальних мереж, їх програмного та технічного забезпечення, для усунення якої можна сформулювати основні принципи, на яких засновується розробка мікропроцесорних систем автоматизації:

• відкритість за архітектурою (топологією), тобто можливість розширення функцій під час експлуатації;

• постійне вдосконалення функцій системи, в першу чергу за рахунок її інтелектуалізації;

• декомпозиція системи за функціями на окремі підсистеми, котрі можуть взаємодіяти з максимальною самостійністю;

• динамічна координація підсистем в оперативних умовах роботи, яка не може бути заданою наперед;

• змушене обмеження самостійності кожної з підсистем через її зв'язки з іншими;

• децентралізоване (розподілене) управління завдяки створенню мережі центрів керування, коли одну і ту ж функцію можуть виконувати різні блоки;

• інтерактивна взаємодія, коли користувачі створюють найбільш сприятливі умови для спілкування з системою на основі "доброзичливого" інтелектуального інтерфейсу, який пояснює свої дії, а саме спілкування використовує найбільш зрозумілі форми (мову).

Необхідно відзначити, що для кожного ТК чи окремо складного

технологічного агрегату існує оптимальний рівень автоматизації, тобто не тільки кількість автоматично вимірюваних та регульованих параметрів, але й ефективність виконуваних функцій. Тому доцільно ефективність системи автоматизації вимірювати кількісною шкалою як співставлення витрат та оптимальних ефектів в грошовому вимірюванні, а саме: витрат на створення системи, її нормальну експлуатацію, поступову деградацію та, нарешті, ліквідацію, тобто всього життєвого циклу системи. Необхідно враховувати також, що залежність ефекту від витрат на систему має не монотонний характер, оскільки при надмірному ускладненні системи витрати на неї можуть перевищувати ефект від її впровадження. Значний ефект дають алгоритми оптимального керування, адаптації, включення в систему інтелектуальних експертних систем.

Експертні системи, не дивлячись на складність і деяку екзотичність стосовно реальних умов промисловості, стануть надійними помічниками операторів, коли доводиться оперативно, в умовах жорсткого цейтноту з множини режимів роботи та станів складного ТК обирати найкращий варіант, в першу чергу для запобігання аварійних ситуацій. Експертна система здійснює обробку знань у вигляді сукупності даних та змістових зв'язків між ними і у процесі роботи здатна оперативно знаходити відповіді на запитання: що, де, коли і чому трапилось, що робити далі, які наслідки певних дій тощо. Таким чином, оператор отримує випереджувальний аналіз функціонування об'єкта, тобто отримує рекомендації від експертної системи на рівні кваліфікованих фахівців. Для умов цукрового виробництва значна кількість функцій може реалізуватись за допомогою ПТК, які складаються з мікропроцесорних контролерів та персональних ЕОМ, об'єднаних мережами. При цьому вони дають можливість реалізувати оперативне управління ТК на основі обробки великих масивів інформації та досконалого програмного забезпечення. В першу чергу це пакет програм для створення автоматизованого робочого місця оператора-технолога та організації його взаємодії з системою управління. В робочому режимі ПТК реалізує такий мінімальний набір функцій: відображення інформації на екрані дисплея; оперативне управління процесом, сигналізація порушень, реєстрація та документування передаварійних та аварійних ситуацій і дій оператора; видача на друк та дисплей рапортів та технологічних

порушень за обрані відрізки часу; діалогове введення даних, які не вимірюються автоматично; отримання графіків, гістограм, трендів тощо.

Як показує досвід впровадження ПТК на різних заводах, керівництво підприємств найбільше цікавить можливість отримувати передісторію процесу, тобто представлення в графічному вигляді відомостей про значення технологічних та узагальнених параметрів за певний час (годину, зміну, добу, декаду, сезон). Параметри наводяться в реальних координатах та дають уявлення щодо режимів роботи агрегатів, дільниць чи ТК в цілому та, що найголовніше, можливість ідентифікувати та оцінити дії операторів.

Зарубіжний досвід автоматизації виробництва свідчить, що максимального ефекту можна досягти в рамках комп'ютерно-інтегрованого виробництва, яке відомо як CIM-концепція (Computer Integrated Manufacturing System) [2]. В цьому випадку здійснюється узгоджене управління двома основними класами процесів: технологічними та організаційно-економічними (бізнеспроцесами). Перспективи автоматизованого управління такими процесами пов'язані зі створенням інтегрованих багаторівневих систем з розвиненими обчислювальними мережами, які об'єднуються в одну корпоративну мережу.

До традиційних задач автоматизації виробництва додаються такі специфічні:

• технічне та програмне забезпечення корпоративних систем управління бізнес-процесами;

• створення, діагностика та обслуговування корпоративних мереж;

• створення інтелектуальних підсистем підтримки прийняття рішень;

• розробка комп'ютерних інформаційних систем менеджменту та маркетингу;

• комп'ютеризація економічних розрахунків;

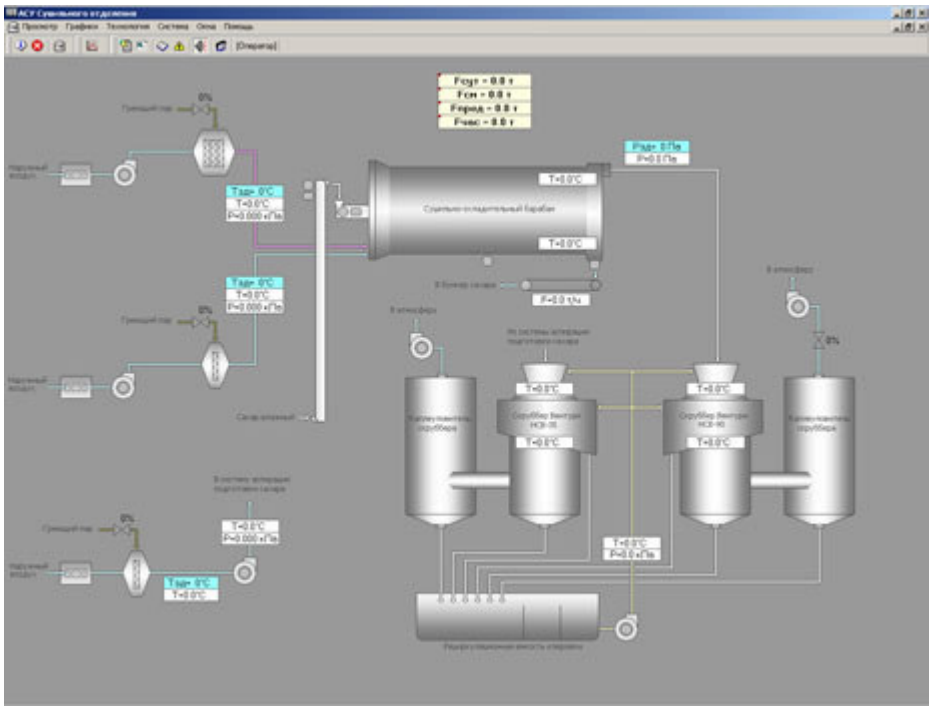
• використання Internet-технологій.

Створення сучасних систем керування базується на використанні системного підходу, в т.ч. системної інтеграції, технологічного трансферу, реінжинірингу, нейронних мереж тощо. Різні фірми пропонують системи управління підприємством, які суттєво відрізняються одна від одної. Фактично стандартом для інтегрованих систем управління підприємством (ІСУП) є концепція ERP-систем (Enterprise Resource Planning) - управління всіма ресурсами територіально

розподіленого підприємства (виробничими, фінансовими, замовленням, збутом тощо). Для управління зовнішніми ресурсами виділяють питання розвитку розширеного виробничого ланцюга, наприклад облік замовників та поставщиків - SCM (Supply Chain Management). Для цього реалізується новітня технологія управління за стандартами CSRP (Customer Synchronized Resource Planning). Під контролем системи знаходиться повний цикл випуску продукції.

Наведемо кілька впроваджених систем автоматизації, що стосуються СОУ цукрового заводу.

Система автоматизації розроблена й встановлена ТОВ «Магмас-Автоматик» на Ак-Суйському цукровому комбінаті.



Обладнання, охоплене системою автоматизації: сушильний барабан, обладнання для виловлювання грудок цукру, обладнання для завантаження СОК вологим цукром, для підготовки повітря для сушки й охолодження цукру, обладнання відводу відпрацьованого повітря з СОКу, аспірації.

Основні складові системи:

- операторське приміщення зі щитами й комп'ютером оператора;
- SCADA-сервер, який забезпечує підключення операторів, головного технолога та робітників КВП і А;
- щит управління "Сушка";
- щит перетворювачів ЕП;

- іскро-вибухобезпечнідатчики: тиску Aplisens,

термометри Електротермометрія, індуктивні NAMUR, іскро-вибухозахисні модулі TURCK;

- виконавчі механізми: затвори TYCO.

Система автоматизації побудована на базі контроллера I-8831 фірми ICP Das, встановленого в щиті управління "Сушка".

Для оперативного контролю параметрів, що регулюються та ручного управління зі щита на кожному контурі регулювання встановлені станції управління СУИМ 0/20-05.

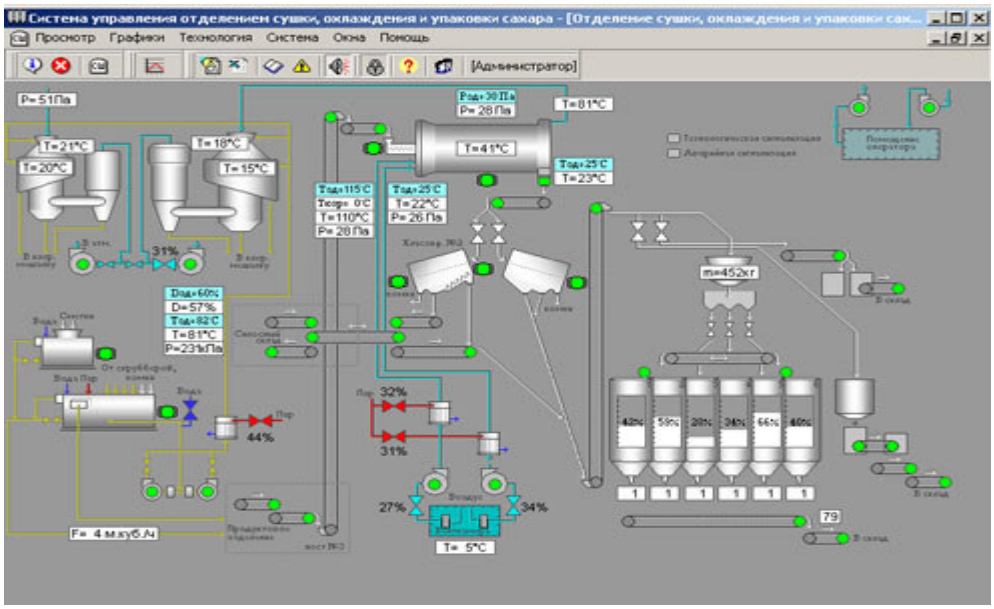
Функції системи автоматизації:

- регулювання температур повітря на сушку і в систему аспірації;
- регулювання розрідження в сипній камері барабана;
- контроль тиску повітря на сушку і в систему аспірації;
- контроль температур клеровки, цукру й відпрацьованого повітря;
- контроль температур в повітроводах і в скруберах;
- контроль витрати сухого цукру;
- контроль й сигналізація стану електроприводів.

Особливості системи у відповідності з потребами забезпечення вибухо- й пожежоаеробезпеки в системі на кожному вхідному й вихідному сигналі встановлені іскро-вибухобезпечні модулі виробництва фірми TURCK

Інша система реалізована на Скідельському цукровому заводі на базі

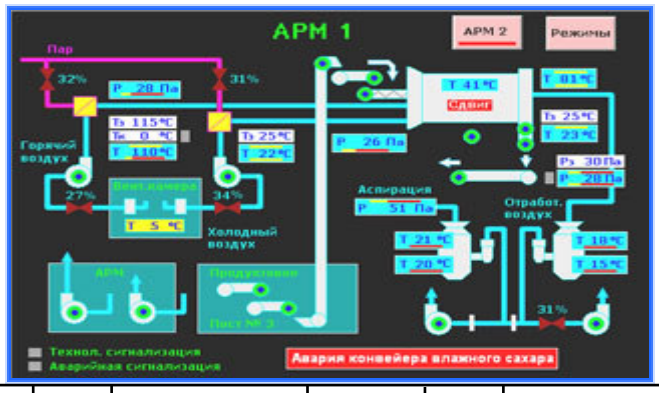
контролера TSX Micro 3721.

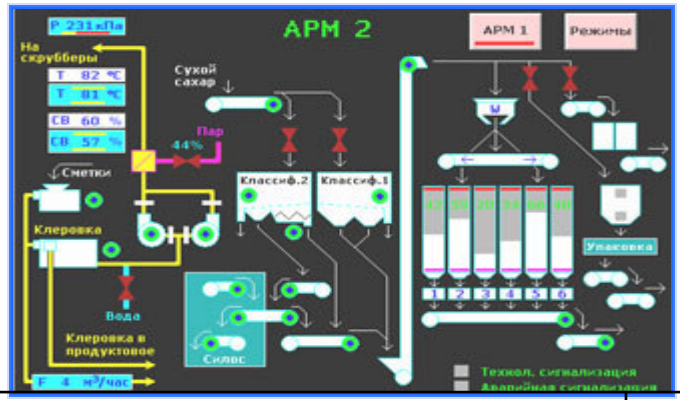


Основні складові системи:

- SCADA-сервер, забезпечує підключення оператора, начальника сушки, служб заводу;
- щит управління "Сушка";
- щит перетворювачів;
- щит управління електроприводами;
- іскро-вибухобезпечні датчики: тиску и густоти Aplisens, термометри Електротермометрія, мікроімпульсні рівнемірії сигналізатори рівню Endress+Hauser, витратоміри Danfoss,індуктивні датчики положення NAMUR;
- затвори TYCO, пневмоциліндри Camozzi.

На дверях щита встановлена панель оператора Magelis з мнемосхемами, станції управління СУИМ 0/20-05 на контурах аналогового регулювання, кнопки й перемикач.





Отже, аналіз існуючих систем автоматизації показує, що переважає тенденція збільшення потужностей виробництва з мінімізацією енерго та ресурсо витрат, що можливо реалізувати лише при комплексному інтелектуальному підході, використовуючи новітні ТЗА, потужне програмне забезпечення з застосуванням баз даних та знань.

2.2. Обгрунтування вибору технічних засобів, ВМ та РО

При виборі даної системи технічних засобів автоматизації було враховано структурні та алгоритмічних особливості об'єкта, умови роботи та вимоги до якості роботи проектованої системи.

Зокрема, враховані такі вихідні дані, як локальність системи, необхідна серійність та однорідність апаратури. Також враховано невелика інерційність об'єкта, велика частота збурень, необхідна дистанційність передачі сигналів.

Враховуючи всі переваги і недоліки сучасних систем автоматизації та вивчивши вихідні дані по даному об'єкту, нами було обрано електрична система засобів з урахуванням її великої дистанційності, малої інерційності, можливості автоматизації різних параметрів, простоти живлення, а також зручності зв'язку з управляючими обчислювальними пристроями.

Для вимірювання температури волого цукру, гарячої води та цукру після СОУ використано мікропроцесорний вимірювальний перетворювач Sitrans TF2 з вбудованим платиновим термометром опору Pt100 фірми Siemens, що відрізняються високою точністю (до 0,1 °С), стабільністю показань, близькістю характеристики до лінійної залежності і взаємозамінністю. Має уніфікований вихідний сигнал 4-20 мА.

Для якісного вимірювання вологості цукру після СОУ застосовується поточний вологомір для вимірювання малої і надмалої вологості цукру МИКРОРАДАР 114К.

Вихрова універсальна система вимірювання об'ємної та масової витрати пару, природного газу, стисненого повітря та інших газів Proline ProWirl 73, використана мною для вимірювання витрати очищеного повітря, що виходить з циклонів №1 і №2. До переваг даної системи можна віднести ударостійкий сенсор, високу точність до вібрацій, програмні параметри початкової настройки, що дозволяють економити час та капіталовкладення.

Високочастотний радарний рівнемір Rosemount серії 5600 являє собою потужний прилад, призначений для проведення безконтактних вимірювань рівня в промислових, складських та інших резервуарах з мішалками чи без них. У конструкції рівнеміра передбачена простота його установки, експлуатації та обслуговування, тому даний прилад використовується в кваліфікаційній роботі для визначення рівня в бункері цукру та в циклонах.

Для регулювання необхідних технологічних параметрів процесу сушки цукру використовуються електричні виконавчі механізми, які управляють 3-х позиційним електроприводом ML6420A по принципу 3-х точеного управління. Принципова схема підключення за даним методом зображена на рис. 3.4.

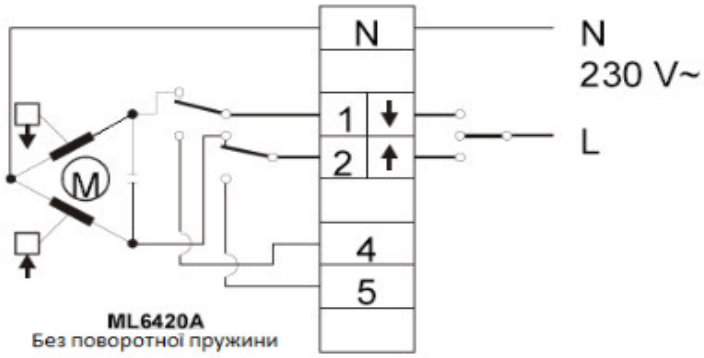


Рис.2.1. Принципова схема підключення 3- х позиційного електроприводу ML6420A фірми Honeywell

Отже, обрані мною сучасні мікропроцесорні засоби ефективно проводять вимірювання основних технологічних параметрів процесу, обробляють отриману інформацію, подаючи її в зручній для сприйняття формі. Завдяки злагодженій та оперативній роботі вимірювальної техніки та промислового логічного контролера оператор-технолог зі свого автоматичного робочого місця АРМ може вчасно реагувати на перебіг технологічного процесу, контролювати та покращувати якість продукції на кожному етапі виробництва.

2.3. Опис схеми автоматизації

Схема автоматизації основного технологічного процесу сушіння цукру зображена на листі 1 графічної частини проекту.

Для ефективного та оперативного управління технологічним процесом сушки

цукру на цукровому заводі необхідно застосовувати автоматизоване управління основними технологічними параметрами, здійснювати контроль та регулювання над ними. Для забезпечення виконання усіх функцій системи автоматизації вибираємо контролер Vipa System 100V, архітектура якого оптимізована для розв'язання задач автоматичного та автоматизованого управління технологічними процесами, а також візуалізація процесу представлена за допомогою SCADA - програми на персональному комп'ютері.

На схемі автоматизації передбачено наступні контури.

1. Контроль температури в трубопроводі подачі вологого цукру до сушильно-охолоджувальної установки реалізовано за допомогою мікропроцесорного вимірювального перетворювача фірми Siemens Sitrans TF2, до складу якого входить вбудований чутливий елемент – платиновий термометр опору Pt 100 (позиція 1а) та вторинний показуючий, самозапамятовуючий пристрій з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА (позиція 1б). Далі сигнал надходить на МПК та АРМ, де відбувається індикація, реєстрація та сигналізація даного технологічного параметру за допомогою SCADA програми.

2. Контроль тиску подачі гарячого та холодного повітря до сушильно-охолоджувальної установки здійснюється за допомогою вимірювального перетворювача тиску Sitrans P серії ZD з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА (позиція 2а, 2б; 4а, 4б). Далі сигнал надходить на МПК та АРМ, де відбувається індикація, реєстрація та сигналізація даного технологічного параметру.

3. Регулювання температури в трубопроводі подачі гарячого повітря реалізовано за допомогою мікропроцесорного вимірювального перетворювача фірми Siemens Sitrans TF2, до складу якого входить вбудований чутливий елемент – платиновий термометр опору Pt 100 (позиція 3а), та вторинний показуючий, самозапамятовуючий пристрій з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА (позиція 3б). Далі сигнал надходить на МПК, де формується управляючий вихідний сигнал, який через магнітний пускач (позиція 3в), надходить на аналоговий електричний виконавчий механізм МЕО-16/63-0,25-80 (позиція 3г), який залежно від завдання має певний % відкриття чи закриття клапана подачі гарячого повітря в сушильну камеру СОУ.

4. Регулювання температури в трубопроводі подачі холодного повітря реалізовано за допомогою мікропроцесорного вимірювального перетворювача фірми Siemens Sitrans TF2, до складу якого входить вбудований чутливий елемент – платиновий термометр опору Pt 100 (позиція 5а), та вторинний показуючий, самозапамятовуючий пристрій з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА (позиція 5б). Далі сигнал надходить на МПК, де формується управляючий вихідний сигнал, який через магнітний пускач (позиція 5в), надходить на аналоговий електричний виконавчий механізм МЕО-16/63-0,25-80 (позиція 5г), який залежно від завдання має певний % відкриття чи закриття клапана подачі холодного повітря в охолоджувальну камеру СОУ.

5. Контроль вологості сухого цукру після сушильно-охолоджувальної установки здійснюється за допомогою поточного вологоміра для вимірювання малої і надмалої вологості цукру МИКРОРАДАР 114К, який складається з сенсора і блоку управління та контролю БУК з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА (позиція 6а, 6б) та блоку індикації БИ (позиція 6в). Далі сигнал надходить на МПК та АРМ, де відбувається індикація, реєстрація та сигналізація даного технологічного параметру.

6. Регулювання рівня в циклонах №1 та №2 реалізовано за допомогою інтелектуального високочастотного радарного рівнеміра Rosemount серії 5600, (позиція 7а, 7б, 8а, 8б). Уніфікований сигнал з датчика у вигляді 4-20 мА надходить на МПК, де формується управляючий вихідний сигнал, який через магнітний пускач (позиція 7в, 8в), надходить на аналоговий електричний виконавчий механізм МЕО-16/63-0,25-80 (позиція 7г, 8г), який залежно від завдання має певний % відкриття чи закриття клапана подачі цукрового пилу з повітрям до відповідного циклону.

Аналогічним чином проводиться контроль рівня цукру-піску в бункері цукру.

7. Регулювання витрати очищеного повітря, що очищується в циклонах №1 і№2, здійснюється за допомогою вихрової універсальної системи для вимірювання об’ємної та масової витрати пару, природного газу, стисненого повітря та ін. газів Proline ProWirl 73 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА (позиція 9а, 9б). Далі сигнал надходить на ПЛК, де формується управляючий вихідний сигнал, який через магнітний пускач (позиція 9в), надходить на аналоговий електричний виконавчий

механізм МЕО-16/63-0,25-80 (позиція 9г), який залежно від завдання має певний % відкриття чи закриття клапана подачі очищеного повітря у вентилятор.

В схемі автоматизації процесу сушки цукру передбачено ручний та дистанційний режими роботи електродвигунів в сушильно-охолоджувальній установці (М1), на транспортері подачі цукру в сортувальний барабан (М2), вентилятора виводу очищеного повітря в атмосферу (М3), в самому сортувальному барабані (М4) та мішалки (М5), які запускаються в роботу за допомогою магнітного пускача (позиція КМ1-КМ5) та кнопочної станції (позиція SA1-SA5), яка має змогу переключати з ручного на автоматичний режим роботи двигуна.

Світлова сигналізація, індикація та реєстрація параметрів здійснюється на комп'ютері за допомогою SCADA програми.

2.4. Специфікація приладів та засобів вимірювання

Таблиця 2.1.

№ п/п	Номер позиції за схемою	Найменування та технічна характеристика приладу	Тип, марка	Одиниці вимір-ня	К-ть	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1.	1а, 1б 3а, 3б 5а, 5б	Вимірювальний мікропроцесорний перетворювач температури з вбудованим платиновим термометром опору Pt100 в захистній трубці із нержавіючої сталі. Показуючий з світловою сигналізацією. Вихідний сигнал 4-20 мА. Вимірювальний діапазон температур -50…+200°С.	Sitrans TF2	°С	3	Siemens
2.	2а, 2б 4а, 4б	Вторинний мікропроцесорний перетворювач тиску. Межі вимірювання 0-400 бар. Вихідний сигнал 4-20 мА.	SitransP ZD	бар	2	Siemens
4.	6а, 6б	Поточний вологомір для вимірювання вологості цукру. Межі вимірювання 0..2 %. Вих. сигнал 4-20 мА.	МИКРО РОДАР 114К	%	1	Микрорад ар-Сервис

1	2	3	4	5	6	7
5.	7а, 7б 8а, 8б 10а, 10б	Інтелектуальний високочастотний радарний рівнемір. Вихідний сигнал 4-20 мА з накладним цифровим сигналом HART	Rosemount серії 5300	%	3	Emerson
6.	9а, 9б	Вихрова універсальна система вимірювання об'ємної та масової витрати пару, природного газу, стисненого повітря та ін. газів. Вих. сигнал 4..20 мА с HART	Proline ProWirl 73	м³/год	1	Endress+ Hauser
7.	3в, 5в, 7в, 8в, 9в	Механізм виконавчий однообертовий. Живлення ~220,240В, частота 50-60Гц, Т н.сер. 5-50°С	МЕО-16/63-0,25-80	-	5	Електро-прилад
8.	3г, 5г, 7г, 8г, 9г	3-х позиційний електричний привод. 0..230 VAC.	ML6420 A	-	5	Honey well
9.	КМ1-КМ5	Пускач магнітний. Робоча напруга 220 В.	ПМЕ 111	-	5	„Делис" м. Харків

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТНЕ КОМПОНУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЕРА ТА СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ

3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера

При конфігурації контролера враховуються типи і кількість сигналів з датчиків, виконавчих механізмів та інших ТЗА, відповідно до яких підраховують та підбирають вхідні/вихідні модулі.

Для задач нижнього рівня складності до 160 входів / виходів ідеально підходить контролер з компактною системою керування VIPA System 100V.

Контролери серії System 100V програмуються за допомогою WinPLC і / або STEP7 компанії Siemens. За системою команд вони повністю сумісні з ПЛК Simatic S7-300.

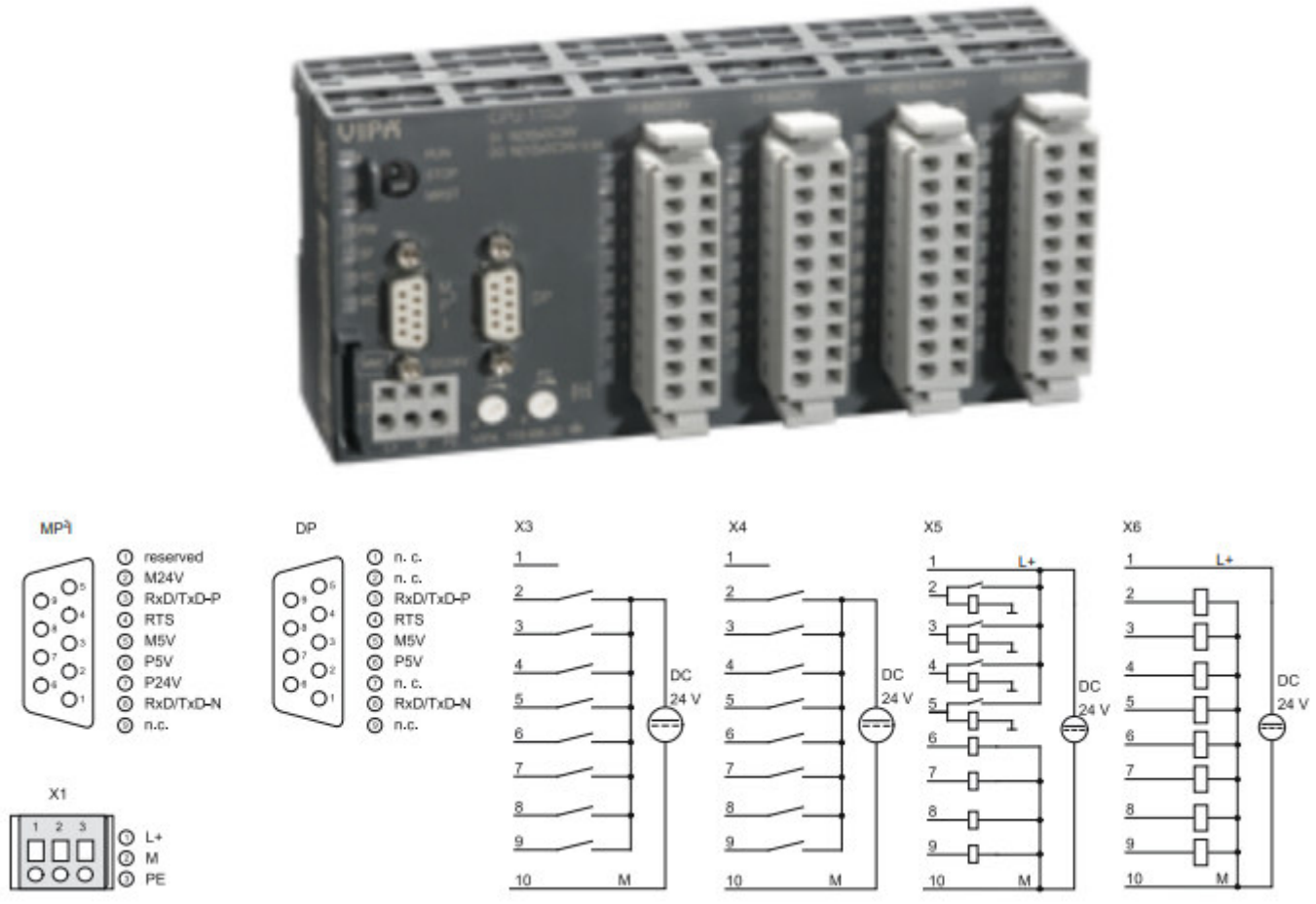


Рис. 3.1. VIPA System 100V

					Кваліфікаційна робота		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Клименко В.В.			Розробка системи автоматизації сушильно-охолоджувальної установки цукрового заводу на базі ПЛК Vipa 100	Літ.	Арк. / Аркушів
Керівник		Смітюх Я.В.					
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.				ЗАК-2-2ск	
Зав.кафедри		Ельперін І.В.					

Завдяки дуже компактній конструкції та оптимальному співвідношенню ціна / продуктивність контролери System 100V є ідеальним рішенням для невеликих систем управління.

Мікро-ПЛК з можливістю розширення до 160 каналів введення-виведення призначені в першу чергу для застосування в малобюджетних проектах в якості автономного контролера або інтелектуального вузла розподіленої системи управління.

Особливості VIPA System 100V:

- ✓ Інноваційна концепція зберігання даних;
- ✓ Вбудована робоча пам'ять - робота без додаткової карти пам'яті;
- ✓ Вбудоване ПЗУ для тривалого зберігання програм і даних;
- ✓ Вбудоване ОЗУ з резервним живленням від акумулятора;
- ✓ Підтримка стандартних карт MMC для зберігання програм і даних;
- ✓ Висока гнучкість у використанні і застосуванні;
- ✓ Вбудований порт MPI;
- ✓ Можливість застосування в складі централізованих і розподілених систем управління;
- ✓ Розширення за допомогою сигнальних і функціональних модулів (до 4 шт.);
- ✓ Фронтальні з'єднувачі в комплекті поставки.

Даний вид контролера модульний, тому необхідно в правильній послідовності розташувати всі компоненти системи.

Процесорні модулі (модулі ЦПУ) здійснюють управління і регулювання технологічним процесом або обладнанням. Модуль ЦПУ вибирається виходячи з розв'язуваної задачі, і при цьому він повинен задовольняти вимогам по продуктивності, обсягу пам'яті і набору комунікаційних інтерфейсів.

Модулі ЦПУ System 100V мають вбудовані входи/виходи та спроектовані для малих і середніх систем автоматизації.

Кожен модуль ЦПУ System 100V має гніздо для установки карти пам'яті MMC, а також комунікаційний порт MP2I, який підтримує стандартний інтерфейс MPI і додатково забезпечує підключення типу точка-точка через інтерфейс RS-232. Це

дозволяє здійснювати програмування контролера за допомогою кабелю VIPA "Green cable" без використання спеціальних адаптерів.

Блоки живлення перетворюють вхідну напругу мережі змінного струму в напругу 24 В постійного струму, яке використовується для живлення модулів системи, а також датчиків і виконавчих пристроїв.

Кріпляться на 35 мм DIN-рейку і можуть використовуватися як в складі системи 200V, так і в якості автономних пристроїв.

Не мають електричного з'єднання з внутрішньої системної шиною ПЛК.

Рис.3.2. Модуль живлення PS 207 (207-1BA00)

- Живлення від однофазної мережі змінного струму;
- Вхідна напруга 100 ... 240 В змінного струму;
- Вихідна напруга 24 В ± 5%;
- Номінальний вихідний струм 2 А;
- Індикація стану;
- Захист від короткого замикання і перевантаження по струму;
- Ступінь захисту IP20.

Наступним модулем в цій конфігурації йде аналоговий модуль входів/виходів.

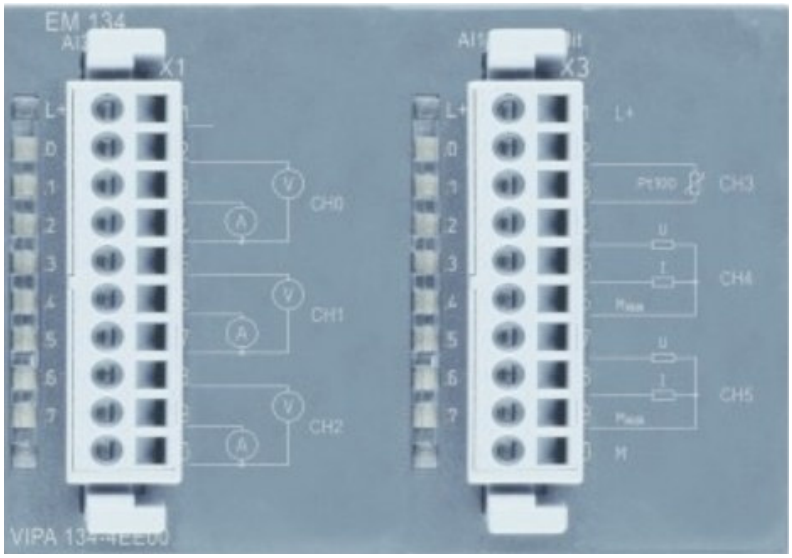


Рис.3.3. Аналоговий сигнальний модуль EM 134 (134-4EE00)

- 3 входи U / I;
- 1 вхід Pt, Ni, R;
- 2 виходи U / I;
- Налаштовується.

Реалізація алгоритму управління процесом сушки цукру на цукровому заводі потребує:

— Дискретні виходи 15;

— Аналогові входи 10.

Замовна специфікація

Таблиця 3.1.

№п/п	Позначення модуля	Найменування модуля	Характеристики	Кількість
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1.	CPU 115DP (115-6BL22)	Централний процесорний модуль	16(20) входів/16(12) виходів. Робоча пам'ять 16 кБ, пам'ять завантаження 24 кБ. PROFIBUS-DP інтерфейс. Напруга живлення 24DC.	1
2.	PS 207 (207-1BA00)	Модуль живлення	Вихід. напруга 24 В.	2
3.	EM 134 (134-4EE00)	Аналоговий сигнальний модуль	Напруга живлення 24DC. 4 входи, 2 виходи.	3

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до контролера

Принципова схема підключення датчиків та ВМ до контролера реалізована на листі 2 графічного матеріалу, де кожний провід має свою нумерацію для полегшення в підключенні. Використовуються пневматичні виконавчі механізми.

Передбачено автоматичний та ручний режими роботи електроприводів в сушильно-охолоджувальній установці (М1), на транспортері подачі цукру в сортувальний барабан (М2), вентилятора виводу очищеного повітря в атмосферу (М3), в самому сортувальному барабані (М4) та мішалки (М5).

Управління електродвигуном М1 зображено на рис.3.4. і здійснюється наступним чином.

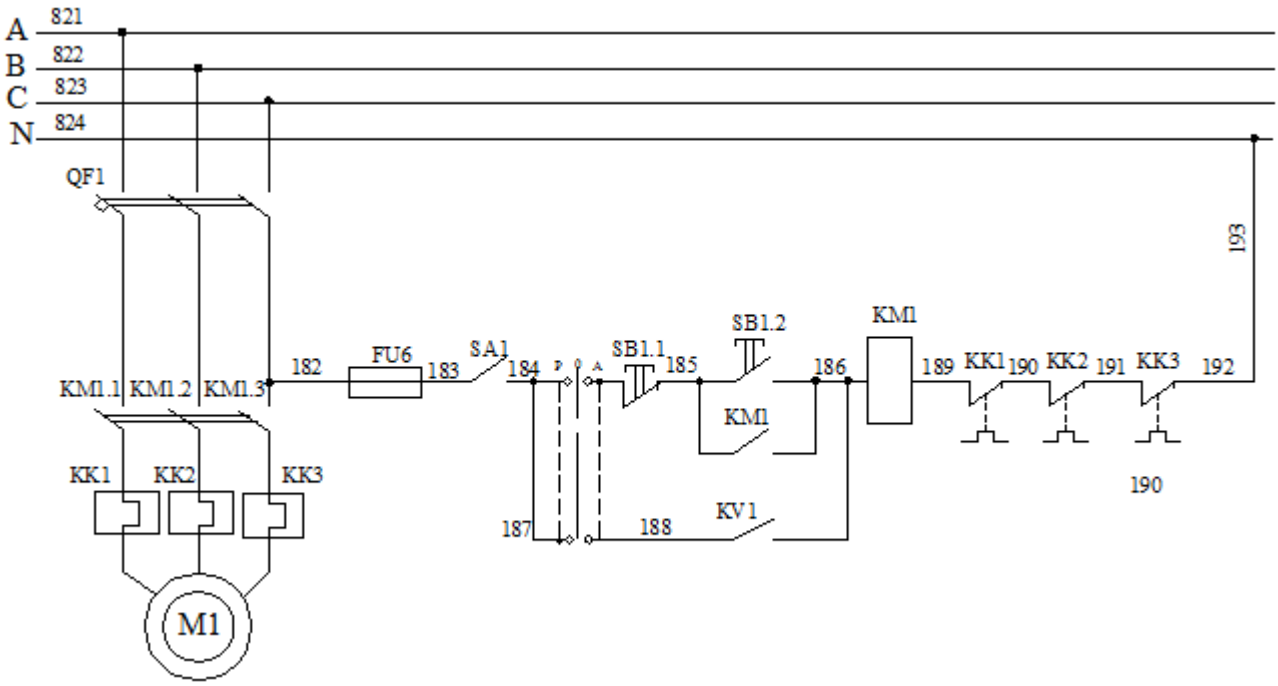


Рис.3.4. Схема управління електродвигуном М1

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 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.

За цією ж схемою працюють електродвигуни М2-М5.

РОЗДІЛ 4

КРЕСЛЕННЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

Поточний вологомір МІКРОРАДАР-114К

Одна з модифікацій потокового СВЧ вологоміра - МІКРОРАДАР-114К призначена для вимірювання малої і надмалої вологості таких матеріалів, як цукор, сіль, хімічні реактиви, пластики, сухе молоко, казеїн на конвеєрі.

Принципова схема вологоміра та особливості його монтажу зображені на листі 3 графічного матеріалу проекту.

Вологомір забезпечує автоматичну корекцію результатів вимірювання при зміні температури матеріалу, має струмовий вихід і послідовний канал зв'язку з ЕОМ RS-485. У комплект поставки приладу входить програма накопичення та відображення вологості в реальному масштабі часу, що дозволяє записувати на комп'ютер, спостерігати, зберігати і друкувати інформацію про вологість за будь-який період часу.

Сам вологомір МИКРОРАДАР 114К складається з блока сенсорів (БС), блока управління і контролю (БУК), блока індикації (БИ) та монтажних конструкцій. БС, в свою чергу, умовно можна поділити на виносний датчик температури, датчик наявності матеріалу на ленті конвеєра, СВЧ датчик.

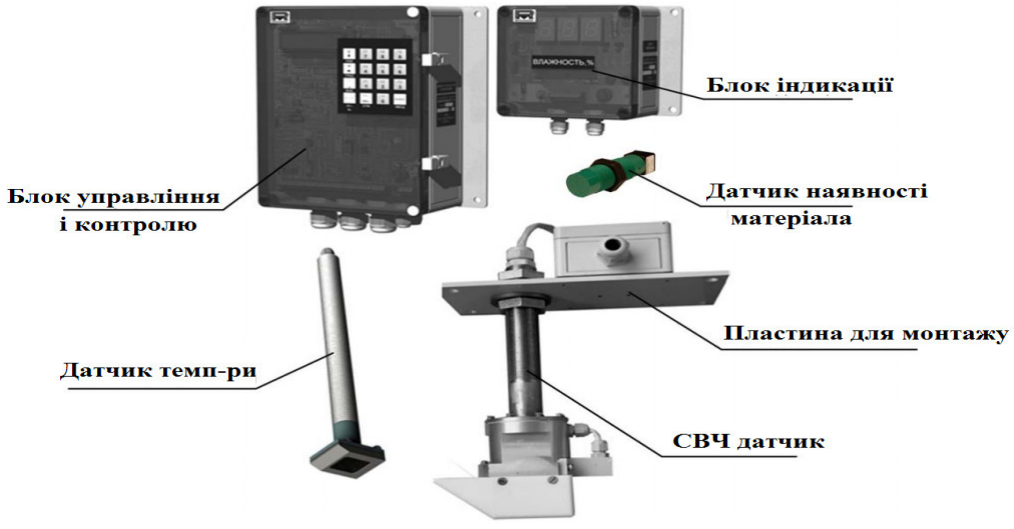


Рис.4.1. Зовнішній вигляд складових вимірювальної системи Мікрорадар 114К

					Кваліфікаційна робота		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Клименко В.В.			Розробка системи автоматизації сушильно-охолоджувальної установки цукрового заводу на базі ПЛК Vipa 100	Літ.	Арк. / Аркушів
Керівник		Смітюх Я.В.					
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.				ЗАК-2-2ск	
Зав.кафедри		Ельперін І.В.					

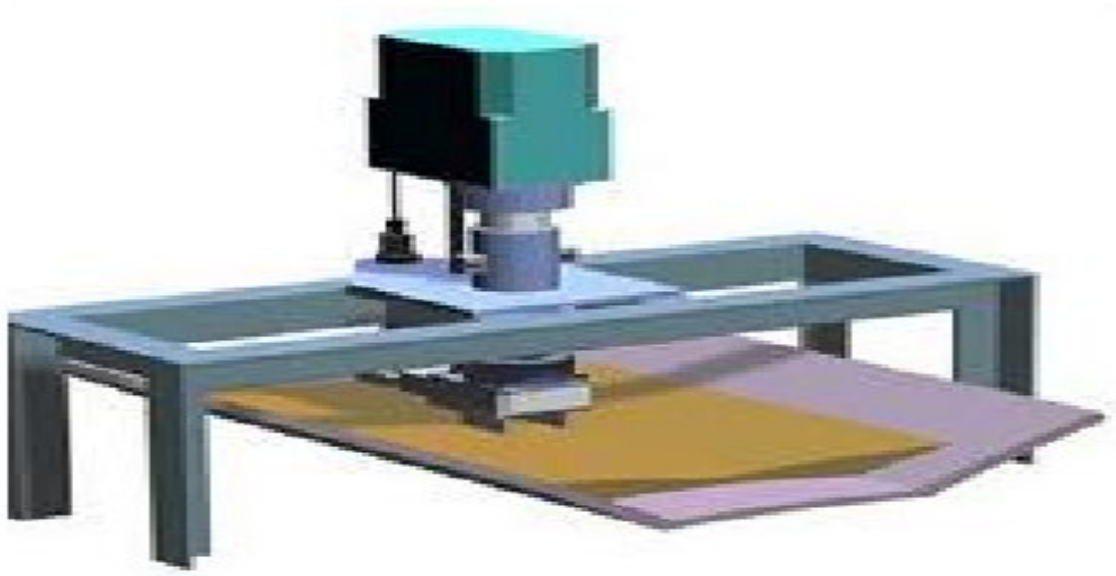


Рис. 4.2. Вимірювальний комплект встановлений на об’єкті

Прилад являє собою мікрохвильовий резонаторний вологомір, побудований на основі чвертьхвильового відкритого резонатора. Добротність і частота резонатора залежать від вологості і щільності поміщеного в сенсор вологого матеріалу. Оригінальний алгоритм обробки дозволяє компенсувати зміну щільності і вимірювати з високою точністю вологість матеріалів, істотно нестабільних по насипної щільності, таких як сухе молоко, тальк, тирсу і багато інших.

СВЧ датчик являє собою СВЧ резонатор відкритого типу (поз. 1), який жорстко закріплений на регульованій стійці (поз. 3). Монтаж в технологічному потоці резонатора проводиться за допомогою монтажної пластини (поз. 2), на якій кріпиться регульована стійка з резонатором і захисний корпус (поз. 4) з ударостійкого полістиролу, в якому розміщений СВЧ генератор і елементи комутації блоку. В нижній частині СВЧ резонатора знаходиться вимірювальний простір (поз. 5), обмежене напрямними стійками (поз. 6). У процесі роботи СВЧ резонатор занурюється в контрольований матеріал, що знаходиться на конвеєрній стрічці. Глибина занурення визначається висотою установки монтажної пластини на конвеєрі. Пластина монтажна жорстко кріпиться над конвеєрною стрічкою до опорної рами, яка виготовляється за замовними кресленнями. Опорна рама виконана таким чином, щоб забезпечити можливість вилучення СВЧ резонатора з транспортного потоку без зупинки технологічного процесу. Така потреба виникає при проведенні технічного обслуговування, діагностики або ремонту блоку.

Глибина занурення СВЧ резонатора в контрольований матеріал може регулюватися переміщенням регулювальної стійки на монтажній пластині в межах ± 50 мм.

Висота установки СВЧ резонатора вибирається таким чином, щоб вимірювальний простір в процесі роботи був безперервно заповнений контрольованим матеріалом.

Датчик наявності матеріалу (поз. 7) являє собою ємнісний безконтактний вимикач (ВБ1.30М.80.20.х.1.Z). Виносний датчик температури (поз. 8) призначений для вимірювання температури контрольованого матеріалу в тому випадку, коли вбудований в резонатор датчик не забезпечує вимірювання з необхідною точністю. Датчик температури являє собою термочутливий елемент, яким є мікросхема DS18s20. Вона розміщена в металеву підкладку, що контактує з контрольованими матеріалом.

Підкладка закріплена на стійці для кріплення. З метою зменшення інерційності вимірювання підкладка термоізольована від стійки. В підкладку вклеєно скло, яке виконує роль захисту мікросхеми від абразивної дії контрольованого матеріалу. Інформація про температуру видається на (БУК) в цифровій формі.

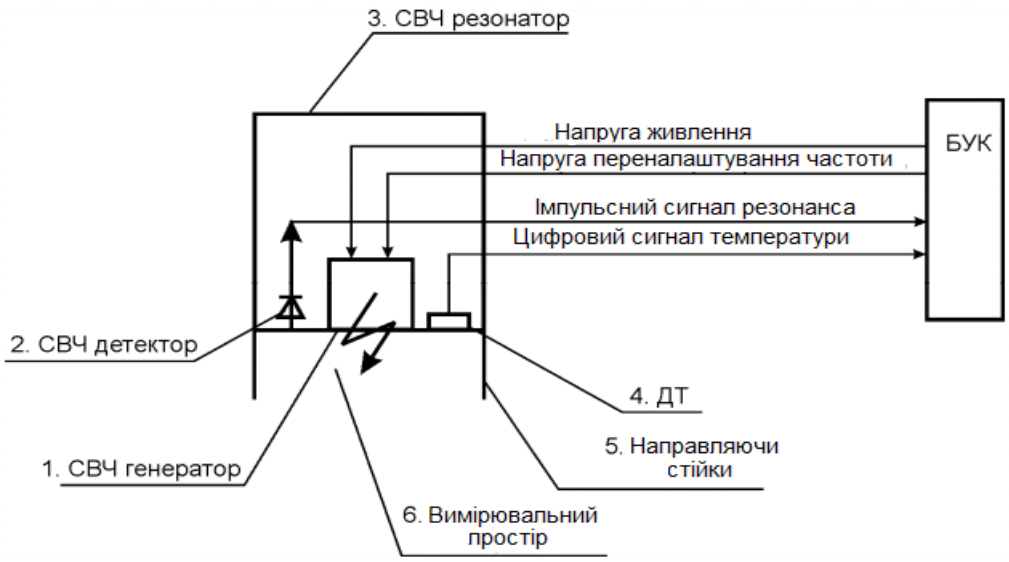


Рис.4.3. Структурна схема взаємодії блоків вологоміра

З БУК на СВЧ генератор надходить напруга живлення + (8..10)В і пилкоподібна напруга + (1..12)В. Генератор виробляє частотно-модульовані СВЧ коливання, які по кабелю подаються на петлю зв'язку, вбудовану в резонатор.

Перебудова частоти НВЧ генератора визначається пилкоподібною напругою. За допомогою петлі зв'язку в резонаторі збуджуються СВЧ коливання.

У тому випадку, коли вимірювальний простір заповнений контрольованим матеріалом, параметри НВЧ коливань змінюються пропорційно вологості і щільності матеріалу. СВЧ коливання резонатора через петлю зв'язку детектора надходять на СВЧ детектор. На детекторі НВЧ сигнал, в якому закладена інформація про вологість і щільності контрольованого матеріалу, детектується і передається для обробки в блок управління і контролю (БУК). З датчика температури (ДТ) цифровий сигнал про температуру контрольованого матеріалу також надходить на вхід БУК. При сигналі датчика наявності матеріалу про відсутність контрольованого матеріалу у вимірювальному просторі, вимірювання параметрів сигналу не проводиться.

Основні технічні характеристики вологоміра

Таблиця 4.1.

Час встановлення робочого режиму	не більше 20 хв.
Режим роботи	безперервний
Габаритні розміри БС, мм	400 × 120 × 60
Маса БС, кг	не більше 6,0

Габаритні розміри ДТ (з елементами монтажу),мм	250 × 290 × 320
Маса ДТ (з елементами монтажу), кг	не більше 1,5
Регулювання висоти установки СВЧ датчика, мм	± 50
Регулювання висоти установки ДТ, мм	± 50
Максимальне віддалення БС від БУК, м	не більше 1,5
Виконання корпусу блоку	IP54
Уніфікований аналоговий вихід (за вибором), мА	Струм (4..20; 0-5;0-20)
Здатність навантаження струмового виходу, Ом	<500
Канал зв'язку з ЕОМ	RS-485
Напруга живлення	220 В (+22 В ... -33В)
Споживана потужність не більше	50 В·А

Особливості монтажу вологоміра МИКРОРАДАР 114К

Монтаж вологоміра на об’єкті має передбачати:

— установку блоку сенсорів;

— установку блоку управління і контролю;

— установку блоку індикації;

— прокладку сполучених кабелів від блоку сенсорів (НВЧ датчика, датчика температури і датчика наявності матеріалу) до БУК;

— прокладку кабелю від блоку управління і контролю до блоку індикації (кабель в комплект вологоміра не входить);

— підключення заземлення блоку управління і контролю і блоку індикації;

— електромонтаж з’єднувальних кабелів;

— підключення мережі живлення.

Перед початком роботи вологоміра необхідно перевірити:

• надійність підключення з'єднувальних кабелів;

• затягування гайок підключених фланців;

• наявність заземлення БУК і БИ.

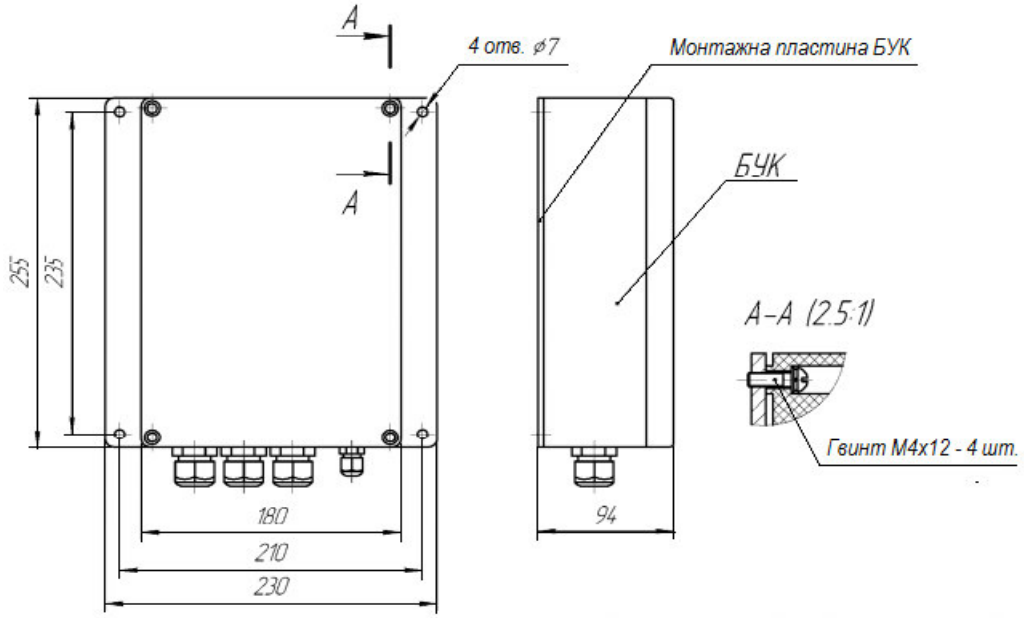


Рис.4.4. Установка БУК на монтажну пластину

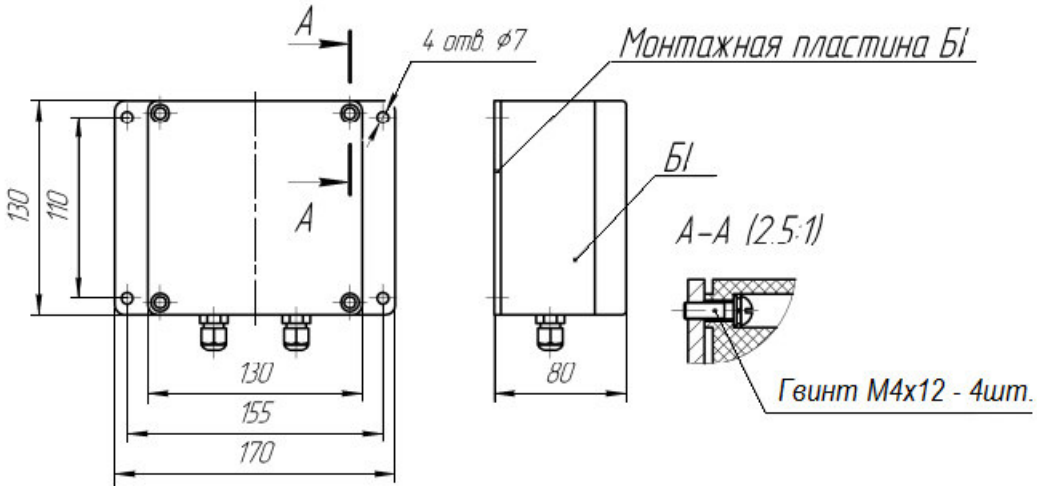


Рис.4.5. Установка блока індикації на монтажну пластину

З'єднання блоків відбувається згідно зі схемою електричних з'єднань рис. 4.6.

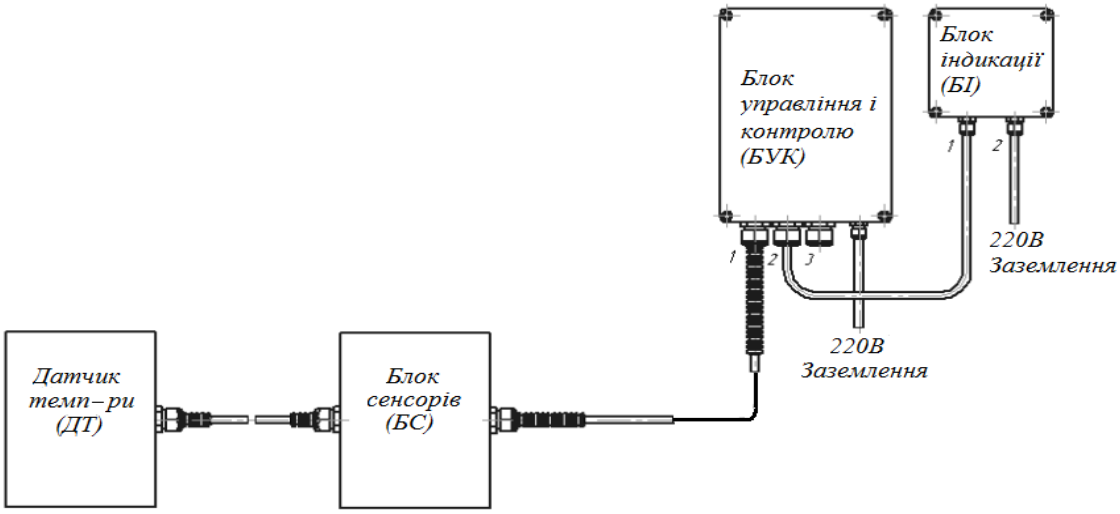


Рис.4.6. З'єднання блоків витратоміра

Для підключення блоку індикації до блоку управління і контролю необхідно застосовувати провід марки ШОВЗ-0,35 або будь-який інший багатожильний екранований з перетином центральної жили не менше 0,35 мм. Підключення блоку управління і контролю і блоку індикації до мережі живлення має здійснюватися кабелем мережевим типу РУВІ0685631.007-05 або аналогічним за допустимою потужністю.

З’єднувальні кабелі прокладаються із застосуванням захисних металевих труб (в комплект поставки вологоміра не входять) або з прийняттям інших заходів для їх захисту у відповідності до правил, що діють на підприємстві (в галузі).

РОЗДІЛ 5

ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

5.1. Опис та блок схема алгоритму

Якщо ввімкнена установка і температура вологого цукру становить 55 °С, то розпочинаємо подачу гарячого повітря, відкривши клапан гарячого повітря, ввімкнути двигун для обертання барабану сушильно-охолоджувальної установки (СОУ) М1, розпочати регулювання температури вологого цукру.

Далі при виконання умови, що температура цукру в СОУ становить 120 °С, то закінчити подачу гарячого повітря і ввімкнути двигун транспортера подачі сухого цукру з грудочками М2 в сортувальний барабан. Паралельно з цим відкрити клапан подачі цукрового пилу у циклони №1 та №2. Розпочати регулювання рівня цукрового пилу в циклонах.

Якщо рівень пилу в циклоні №1 дорівнює 90% і в циклоні №2 – 80%, то відкрити клапан подачі очищеного повітря та ввімкнути двигун вентилятора М3 для витяжки відпрацьованого повітря. Розпочати регулювання витрати очищеного повітря.

Перевірка виконання умови, що температура охолодженого цукру дорівнює 22 °С і вологість його становить 0,02%, вмикаємо двигун сортувального барабану М4.

Якщо рівень охолодженого висушеного цукру в барабані становить 90%, то припиняємо роботу сортувального барабану, вимкнувши двигун М4, а натомість вмикаємо двигун мішалки М5 для того, щоб розбити грудочки цукру, які могли утворитися в процесі сушки та охолодження. Розпочинається подача цукру на клеровку.

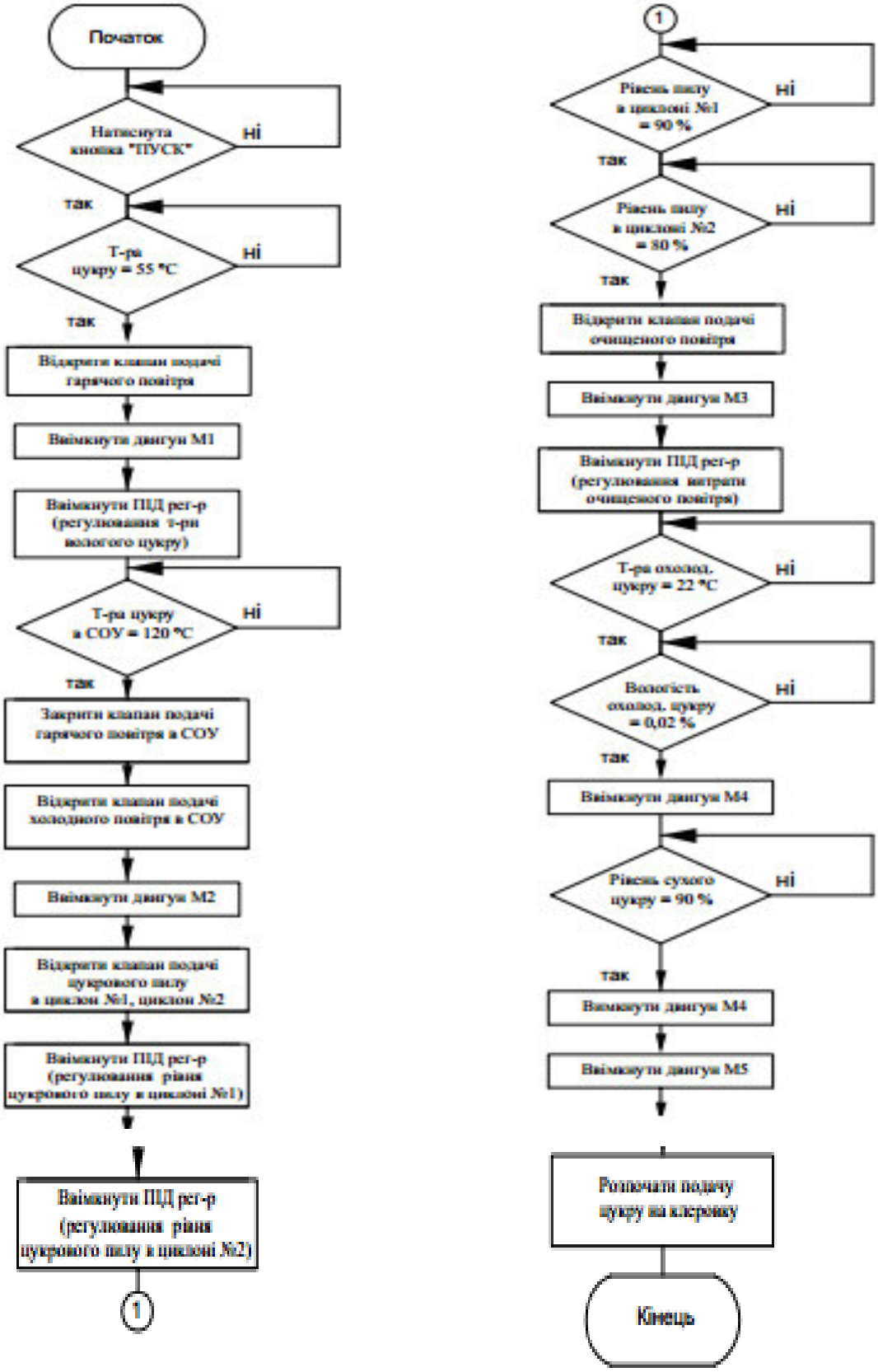


Рис.5.1. Блок схема алгоритму роботи СОУ цукру

Таблиця аналогових входів

Таблиця 5.1.

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Датчик температури вологого цукру, що подається в СОУ	TT 1б	%IW2.0
Датчик тиску подачі гарячого повітря в СОУ	PT 2а	%IW2.1
Датчик температури гарячого повітря, що подається в СОУ	TT 3б	%IW2.2
Датчик тиску подачі холодного повітря в СОУ	PT 4а	%IW2.3
Датчик температури цукру на виході з СОУ	TT 5б	%IW2.4
Датчик вологості цукру після СОУ	MT 6б	%IW2.5
Датчик рівня цукрового пилу в циклоні №1	LT 7б	%IW2.6
Датчик рівня цукрового пилу в циклоні №2	LT 8б	%IW3.0
Датчик витрати очищеного повітря	FT 9б	%IW3.1
Датчик рівня цукру без грудочок в бункері цукру	LT 10б	%IW3.2

Таблиця дискретних виходів

Таблиця 3.5.

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
1	**2**	**3**
Подача гарячого повітря в СОУ (open)	3г	%Q1.0
Подача гарячого повітря в СОУ (cls)	3г	%Q1.1
Подача холодного повітря в СОУ (open)	5г	%Q1.2
Подача холодного повітря в СОУ (cls)	5г	%Q1.3
Подача цукрового пилу в циклон №1 (open)	7г	%Q1.4
Подача цукрового пилу в циклон №1 (cls)	7г	%Q1.5
Подача цукрового пилу в циклон №2 (open)	8г	%Q1.6
Подача цукрового пилу в циклон №2 (cls)	8г	%Q1.7
Подача очищеного повітря у вентилятор (open)	9г	%Q2.0

1	2	3
Подача очищеного повітря у вентилятор (cls)	9г	%Q2.1
Електропривід СОУ	M1	%Q3. 0
Електропривід транспортуру подачі сухого цукру з гудочками	M2	%Q3.1
Електропривід вентилятора для очищеного повітря	M3	%Q3. 2
Електропривід сортувального барабану	M4	%Q3. 3
Електропривід мішалки	M5	%Q3. 4

5.2. Фрагмент програмного коду для реалізації алгоритму керування процесом сушки цукру в СОУ цукрового заводу

Фрагмент програми наведений на мові структурованого тексту ST в середовищі UNITY PRO.

```
IF %M1 AND %IW2.0:=5500 THEN
SET %Q1.0;
SET %Q3.0;
PID ('TEMP_VOLOGOGO_SUGR', '°C' ,%IW2.0,%Q1.0,%M2,%MW50:43);
END_IF;

IF %IW2.2:=1200 THEN
SET %Q1.1;
SET %Q1.2;
SET %Q3.1;
SET %Q1.4;
SET %Q1.6;
PID ('RIVEN_CIKLON1', 'м' , %IW2.6, %Q1.4, %M3, %MW100:43);
PID ('RIVEN_CIKLON2', 'м' , %IW3.0, %Q1.6, %M4, %MW150:43);
END_IF;
IF %IW2.6:=9000  AND %IW3.0:=8000 THEN
SET %Q2.0;
SET %Q3.2;
```

```
PID ('VUTRATA_POVITRYA', 'м³/год' ,%IW3.1,%Q2.0,%M5, %MW200:43);
END_IF;

IF %IW2.4:=2200  AND %IW2.5:=1002 THEN
SET %Q3.4;
END_IF;

IF %IW3.2:=9000  THEN
RESET %Q3.4;
SET %Q3.5;
PID ('TEMP_SUGR_PISLYA_SOU','°C',%IW2.4,%Q1.2,%M6,%MW250:43);
END_IF;
```

РОЗДІЛ 6
РОЗРОБКА ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА ТЕХНОЛОГА

Оскільки система автоматизації сушильно-охолоджувальної установки побудована на базі VIPA System 100, то людино-машинний інтерфейс оператора-технолога створюємо відповідно в програмному засобі Zenon.

Концептуально SCADA Zenon представляє собою програмно-технічний комплекс, який складається з середовища розробки проектів – Editor та середовища виконання – Runtime. Це дві незалежні оболонки, які виконують кожна свою функцію і можуть встановлюватися на робочу станцію окремо одна від одної. Середовище розробки містить набір модулів та інструментів необхідних для написання повнофункціональних програм і пакет драйверів для підключення до найбільш розповсюджених апаратних засобів PLC. Відповідно до задач, які необхідно вирішувати, SCADA Zenon має чотири редакції:

1. Zenon Operator HMI-система, призначена для створення нескладних проектів візуалізації для панелей оператора, вбудованих систем та локальних диспетчерських пунктів на ПК з певними функціональними обмеженнями.
2. Zenon Supervisor. Незалежна SCADA-система, яка містить повний набір функцій для реалізації диспетчерського керування та збору даних. Ефективно вирішує задачі побудови систем автоматизації будь-якої складності.
3. Zenon Energy Edition. Спеціальна редакція системи, яка містить додатковий набір функцій для енергетичної промисловості.
4. Zenon Pharma Edition. Спеціальна редакція системи, яка містить додатковий набір функцій для фармацевтичної промисловості.

Створення проекту в меню File вибираємо Project new…

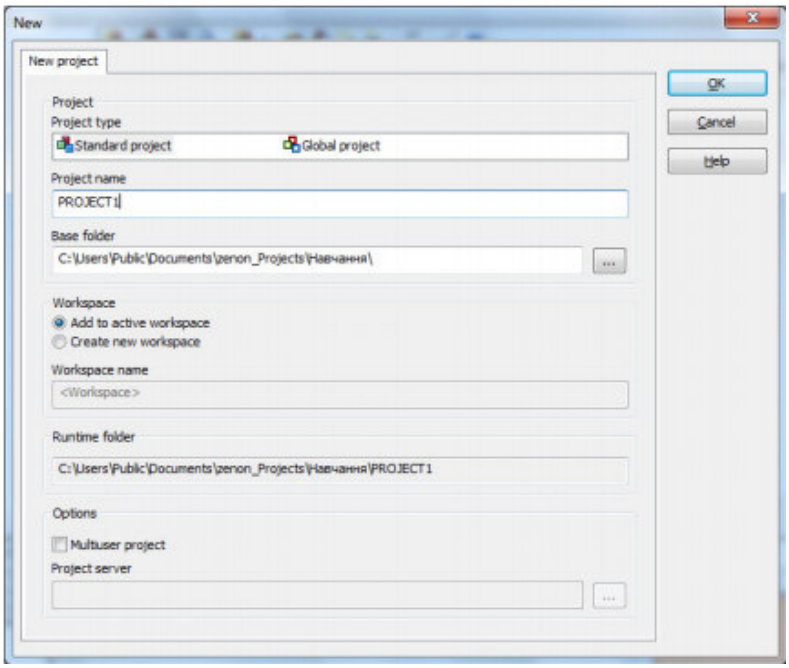


Рис.6.1. Створення проекту

Задаємо ім’я проекту 'PROJECT1'. Інші налаштування залишаємо без змін і, натиснувши кнопку OK, створюємо проект. Система автоматично згенерує структуру та файли внутрішньої SQL-бази проекту. Після цього автоматично з’явиться діалогове вікно Майстра створення нового проекту, написаного на VSTA.

При створенні проекту система керування на жорсткому диску автоматично створить усі необхідні папки. По замовчуванню, RT-файли проекту міститься в директорії Zenon_Projects. Також, кожному проекту присвоюється унікальний Project ID, який відповідає створеній папці у внутрішній SQL-базі Zenon. Всю цю інформацію можна знайти у властивостях проекту, розділ General. Конкретні шляхи розміщення файлової структури системи, залежно від операційної системи, описані в мануалі Installation and updates -File structure. Перенос і збереження проекту здійснюється за рахунок створення резервної копії самого проекту чи усього робочого простору.

Створення екрану проекту. В менеджері проекту вибераємо вузол Screens. У вікні детального перегляду клікаємо на іконці New screen. Через вікно властивостей перейменовуємо створений екран на 'Процес' та задаємо довільний колір фону.

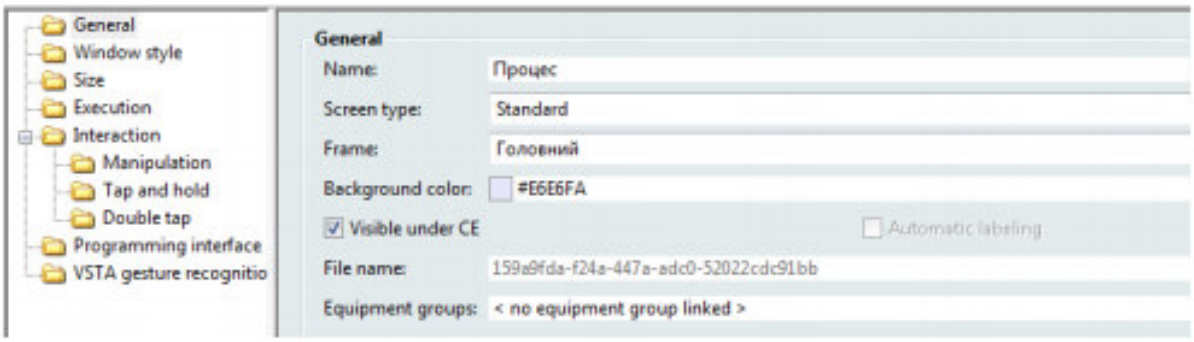


Рис.6.2. Створення екрану проекту

Проконтролюйте, щоб створений екран базувався на фреймі 'Головний' та мав тип Standard. Після створення екрану, він автоматично відкриється в області головного вікна в Editor. Аналогічним чином створюємо екран для відображення нашої навігаційної панелі. Назваємо його 'Навігація', змінюємо колір фону та прив’язуємо до однойменного фрейму. Таким чином, ми створили два екрани, при чому екран 'Процес' являється стартовим. Тобто саме він буде з’являтися першим при запуску проекту. За бажанням, цю прив’язку можна змінити.

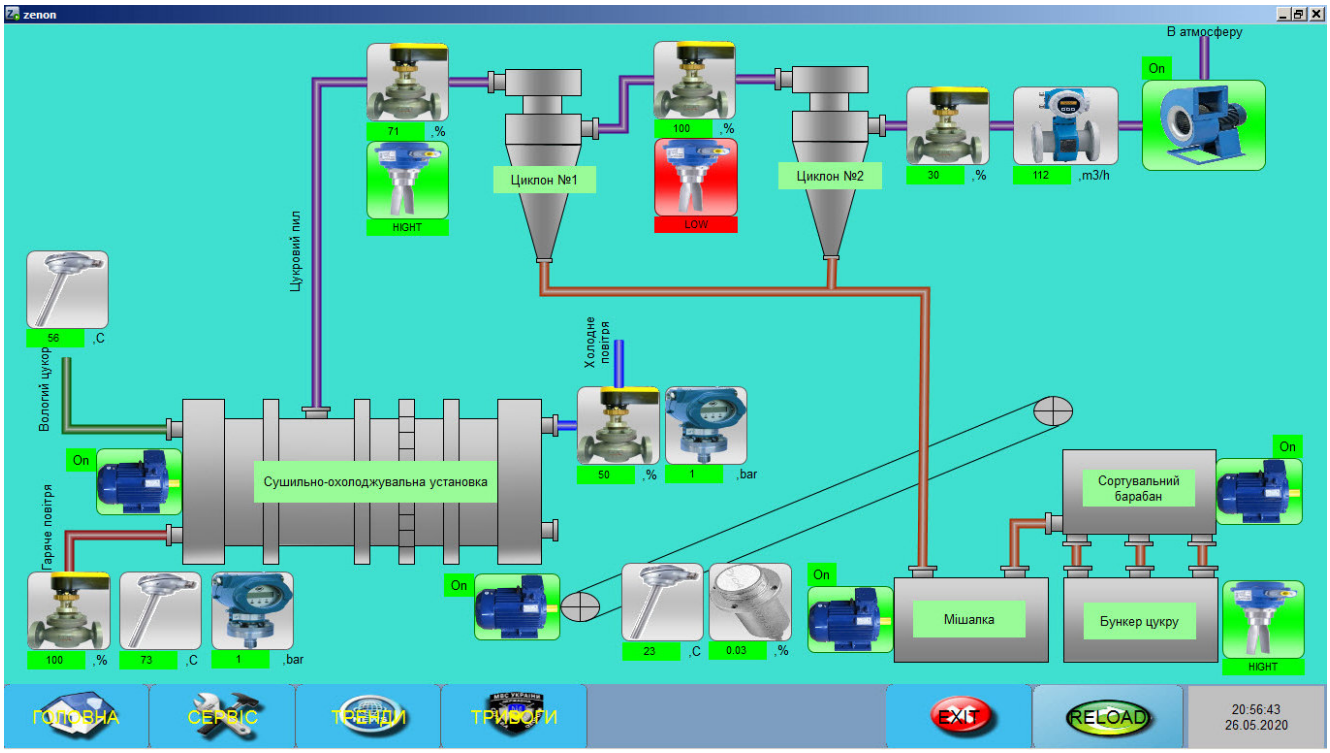


Рис.6.3. Головний екран проекту

Створення трендів. Система керування має у своєму розпорядженні спеціальний елемент для відображення виміряної інформації у вигляді графіків. Цей трендовий елемент має досить низьку функціональність і використовується

тільки для приблизного відображення графіків з невеликою точністю. Для повноцінного відображення графіків в Zenon існує спеціальний тип екрану – Extended Trend. На інструментальній панелі обираємо елемент Trend element. Розміщуємо його в нижній частині екрану. У вікні що з'явилося прив'язуємо до нього змінну температури і рівнів. У властивостях представлення робимо налаштування, як показано на рис.6.3.

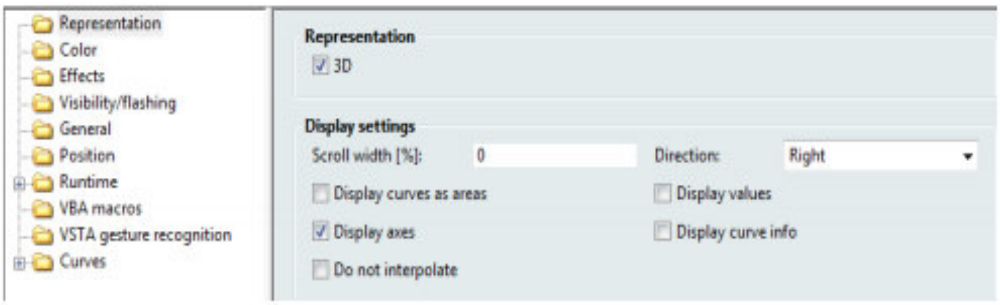


Рис.6.4. Створення екрану трендів

У властивостях Curves для кожної кривої задаємо свій колір, наприклад, чорний, червоний та зелений. Для того, щоб наші криві не зникали при перемиканні між екранами проекту, необхідно виміряні значення зберігати на жорсткий диск. Заходимо у властивості змінної 'Температура'. В розділі Harddisk data storage активуємо бокс Harddisk data storage active і для Number of values встановлюємо 300.

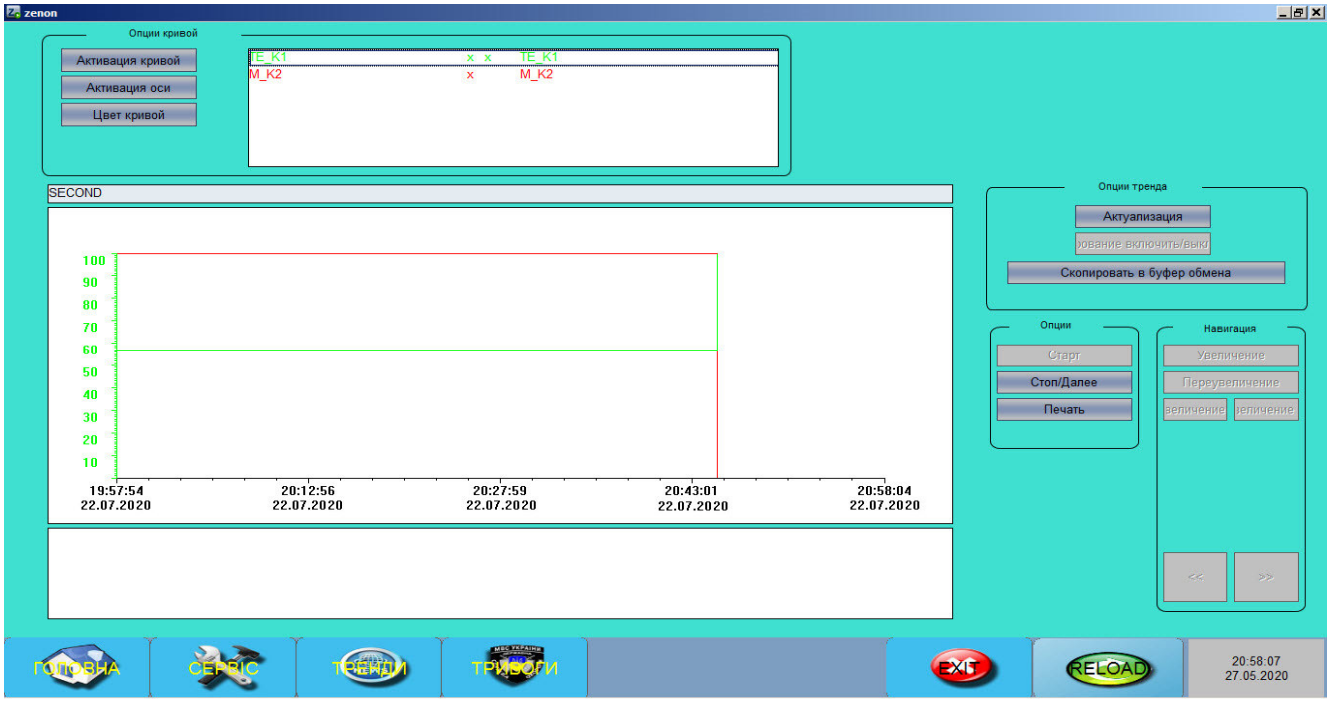


Рис.6.5. Тренди в реальному часі

Таким чином, наш трендовий елемент буде відображати 300 циклів запису значень змінної. Цього нам цілком достатньо. Виконаємо аналогічні операції для змінних інших технологічних параметрів. Скомпілюємо зроблені зміни і перезапускаємо Runtime. Щоб зміни по запису значень вступили в силу не достатньо виконати функцію Reload. Необхідно вимкнути Runtime і запустити його заново.

Створення екрану AML. Досягнення критичних значень параметрів в системі реєструється в спеціальному журналі – Інформаційному списку тривог (Alarm Message List). До нього заноситься час появи тривоги, її статус (активна, не активна, підтверджена), опис тривоги, змінна, її значення, поточний оператор, робоча станція, коментар.

Аналогічно до попереднього розділу створюємо новий екран, але як Screen type вибераємо Alarm Message List. Даємо назву екрану 'Тривоги' та задаємо довільний колір фону.

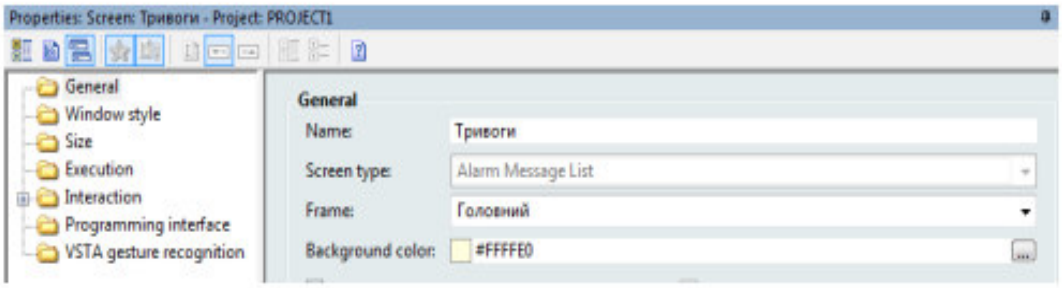


Рис.6.6. Створення екрану тривог та алармів

Через головне меню Control elements розміщуємо на екрані усі необхідні елементи та відредагуємо їх розміщення. Для переходу на цей екран як і в попередньому випадку нам необхідно створити функцію Screen switch та кнопку 'Тривоги' на панелі навігації. При створенні функції перемикання з’явиться діалогове вікно конфігурування, яке має опції налаштування відображення тривог.

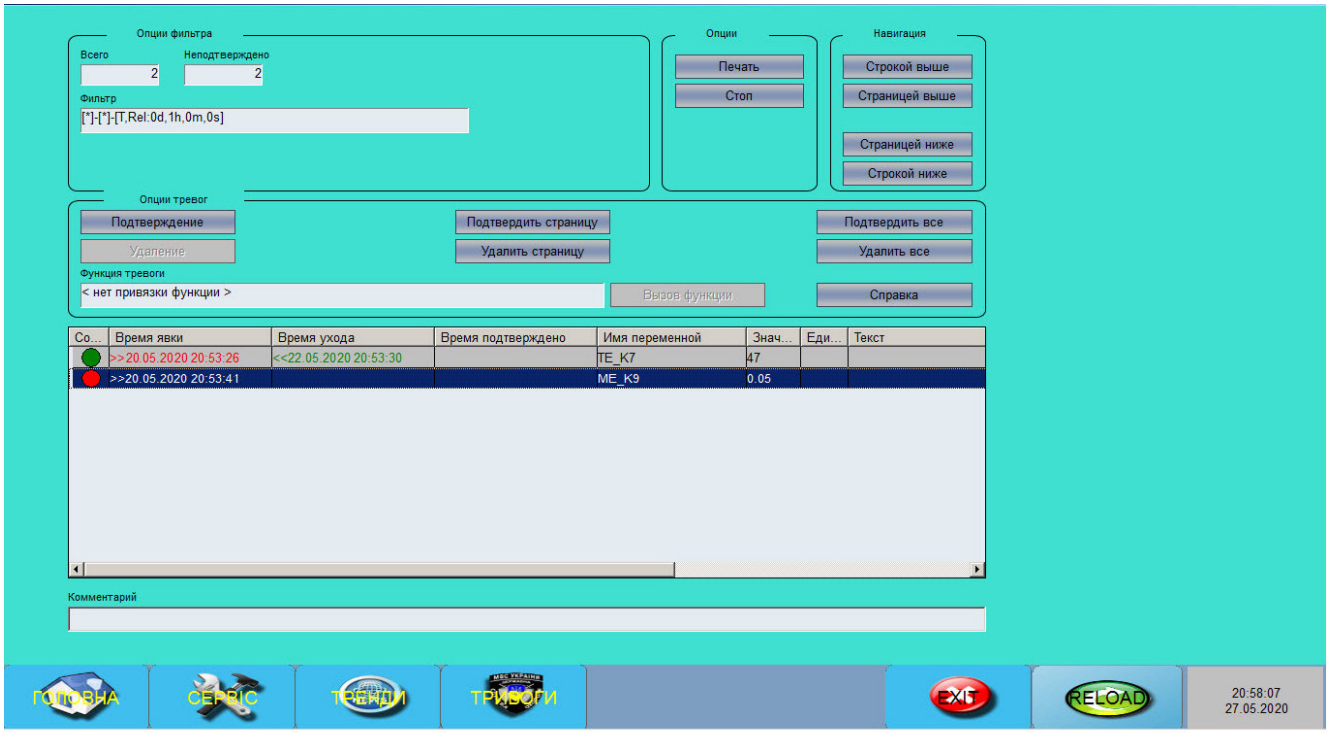


Рис.6.7. Екран активних алармів

Таким чином, за допомогою сучасних мікропроцесорних засобів та новітньої SCADA програми Zenon, оператор – технолог зі свого автоматичного робочого місця (АРМ) має змогу контролювати, керувати технологічним процесом сушки цукру та вчасно усувати аварійні ситуації на виробництві. Це дозволить покращити якість готової продукції, зменшити втрати сировини та енергоресурсів вцілому.

РОЗДІЛ 7
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Перевірка розробленої АСР на стійкість

Під стійкістю автоматичної системи розуміють здатність повертатися у початковий стан після нанесення будь-якої дії. Ознакою стійкості системи виступають збіжні перехідні процеси. Лінійна автоматична система керування може знаходитися у трьох станах: бути стійкою, нестійкою та перебувати на межі стійкості.

Перевірка АСР на стійкість здійснюється за допомогою критеріїв стійкості, що систем поділяються на алгебраїчні та частотні. Алгебраїчні критерії встановлюють необхідні та достатні умови стійкості на основі визначників, складених з коефіцієнтів характеристичного рівняння системи. До алгебраїчного критерію відноситься критерій Рауса-Гурвіца [21,22].

На основі характеристичного полінома:

$$D(\lambda) = a_n\lambda^n + a_{n-1}\lambda^{n-1} + \ldots + a_1\lambda + a_0 \qquad (7.1)$$

складається визначник:

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} & a_{n-7} & \ldots & 0 & 0 \\ a_n & a_{n-2} & a_{n-4} & a_{n-6} & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & a_n & a_{n-2} & a_{n-4} & \ldots & 0 & 0 \\ \vdots & & & & & & \\ 0 & 0 & \ldots & & a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & 0 & \ldots & & a_4 & a_2 & a_0 \end{vmatrix}$$

Даний вираз має назву визначника Гурвиця і при його складанні

					Кваліфікаційна робота		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Клименко В.В.			Розробка системи автоматизації сушильно-охолоджувальної установки цукрового заводу на базі ПЛК Vipa 100	Літ.	Арк. / Аркушів
Керівник		Смітюх Я.В.					
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.				ЗАК-2-2ск	
Зав.кафедри		Ельперін І.В.					

виконуються такі правила:

- ✓ визначник має n рядків та n стовпців, в першому рядку
- ✓ розташовуються “непарні” коефіцієнти, після чого рядок доповнюється до числа n нулями;
- ✓ другий рядок включає всі “парні” коефіцієнти і також доповнюється нулями до числа n;
- ✓ третій та четвертий рядки отримують зсувом вправо відповідно першого та другого рядків на один елемент, а зліва проставляється нуль. Аналогічно отримують і наступні рядки;

- в головній діагоналі визначника розташовуються всі коефіцієнти, крім a_n.

Критерій стійкості Рауса-Гурвиця формулюється наступним чином: автоматична система, яка описуються характеристичним поліномом (7.1) стійка, якщо при $a_n > 0$ визначник Δ_n та всі його діагональні мінори додатні. (Мінор – визначник, складений з елементів, розташованих на перетині будь-яких k рядків та k стовпців визначника). У виразі мінори виділені пунктиром [21,22].

Частотний критерій Найквіста використовує амплітудно-фазову характеристику розімкненої системи $W_{роз}(j\omega) = W_{рег}(j\omega) \cdot W_{ок}(j\omega)$, яка характеризується послідовним з’єднанням (добутком) відповідних характеристик та передаточних функцій автоматичного регулятора та об’єкта за каналом керування. Даний критерій зручний для одноконтурних систем, які представляються у вигляді типових ланок.

Критерій Найквіста використовується для розімкнутих систем та формулюється наступним чином: автоматична система керування стійка, якщо амплітудно-фазова характеристика розімкненої системи $W_{роз}(j\omega)$ не охоплює точку з координатами (-1; j0) (рис.7.1).

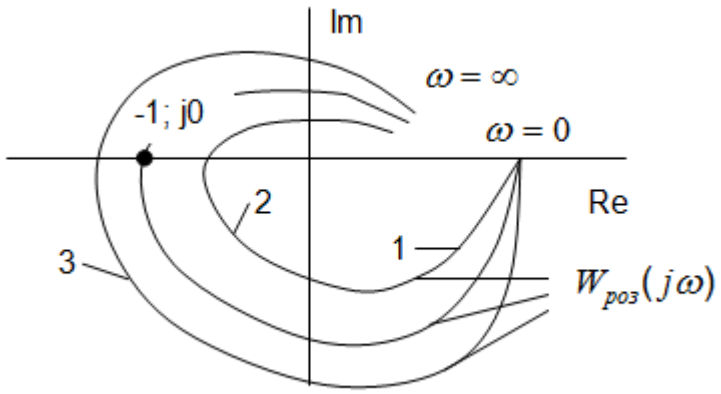


Рис. 7.1. АФХ розімкненої системи

Годограф 1 відповідає стійкій системі, 3 – нестійкій, 2 – на межі стійкості. Цей випадок справедливий для статичних систем.

Частотний критерій стійкості А.В.Михайлова заснований на аналізі характеристичного полінома системи, в який підставляється $\lambda = j\omega$:

$$D(j\omega) = a_n(j\omega)^n + a_{n-1}(j\omega)^{n-1} + \ldots + a_1(j\omega) + a_0 \qquad (7.2)$$

Вираз (6.2) можна подати у вигляді суми дійсної і уявної частини:

$$D(j\omega) = U_D(\omega) + jV_D(\omega), \qquad (7.3)$$

де: $U_D(\omega)$ - дійсна частина, складена з членів з парними степенями ω;

$V_D(\omega)$ - уявна частина, яка утримує члени з непарними степенями ω.

Критерій стійкості Михайлова полягає в тому, що автоматична система керування, якій відповідає рівняння (7.3), стійка, якщо при змінюванні ω від 0 до ∞ годограф $D(j\omega)$ огинає проти годинникової стрілки початок координат та проходить n квадрантів (n – порядок системи). Якщо система знаходиться на межі стійкості, то годограф проходить через початок координат (це відповідає наявності пари спряжених коренів). [21,22]

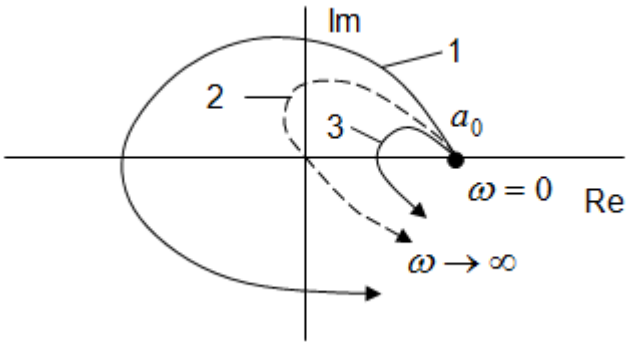


Рис.7.2 Годограф Михайлова

де 1-стійка система, 2 – на межі стійкості, 3 – нестійка.

При практичному використанні годографа Михайлова спочатку знаходять точки перетину його з координатними осями: при $U_D(\omega) = 0$ знаходять частоту, коли $D(j\omega)$ пересікається з уявною віссю і підставляють її значення у вираз для $V_D(\omega)$. Коли знайдено умови, за яких $D(j\omega)$ перетинає осі координат, тобто знайдено нулі $U_D(\omega)$ і $V_D(\omega)$, то повністю годограф будувати не потрібно: стійкість має місце, якщо нулі $U_D(\omega)$ та $V_D(\omega)$ чергуються з ростом ω, починаючи з $\omega = 0$, тобто $V_D(\omega) = 0$, а $U_D(\omega) > 0$. [21,22]

7.2. Моделювання САР

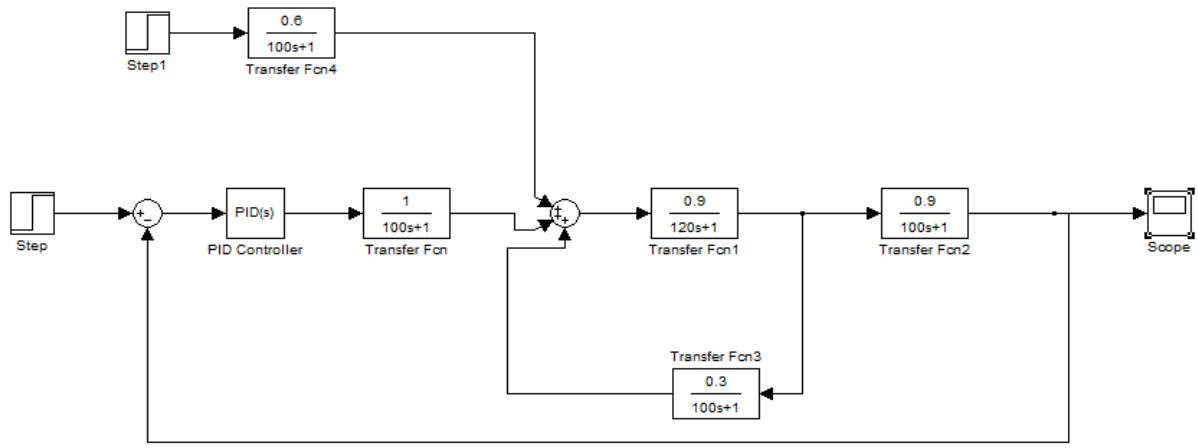


Рис.7.3. Структурна схема

Запишемо еквівалентну передаточну функцію за каналом керування.

$$W_{екв}^{U}(p)=\frac{0.81}{1200000p^3+34000p^2+293p+0.73} \qquad (7.4)$$

Для визначення алгебраїчного критерію стійкості Рауса-Гурвіца використовується передаточна функція замкненої системи за каналом керування з використанням П-регулятора.

Передаточна функція замкненої САР має наступний вигляд:

$$W_{зам}(p)=\frac{W_{екв}^{U}}{1+W_{рег}(p)\cdot W_{екв}^{U}}$$

$$W_{зам}(p)=\frac{\frac{0.81}{1200000p^3+34000p^2+293p+0.73}}{1+\frac{0.81}{1200000p^3+34000p^2+293p+0.73}\cdot k_{рег}}=$$

$$=\frac{0.81}{1200000p^3+34000p^2+293p+0.73+0.81\cdot k_{рег}}$$

Складаємо визначник другого порядку по характеристичному поліному для визначення $k^{кр}_{рег}$ критичного, при якому система знаходиться на межі стійкості:

$$Q=1200000p^3+34000p^2+293p+0.73+0.81\cdot k_{рег}$$

$$\Delta_2=\begin{vmatrix}34000 & 0.73+0.81\cdot k_{рег}\\ 1200000 & 293\end{vmatrix}=34000\cdot 293-1200000\cdot(0.73+0.81\cdot k_{рег})=$$

$$=9086000-972000\cdot k_{рег}$$

Прирівнюємо $9086000-972000\cdot k_{рег}$ до нуля:

$$9086000-972000\cdot k_{рег}=0$$

$$k_{рег}^{кр}=9.347$$

Підставимо розраховане значення у структурну схему та знімемо перехідний процес (рис. 7.4).

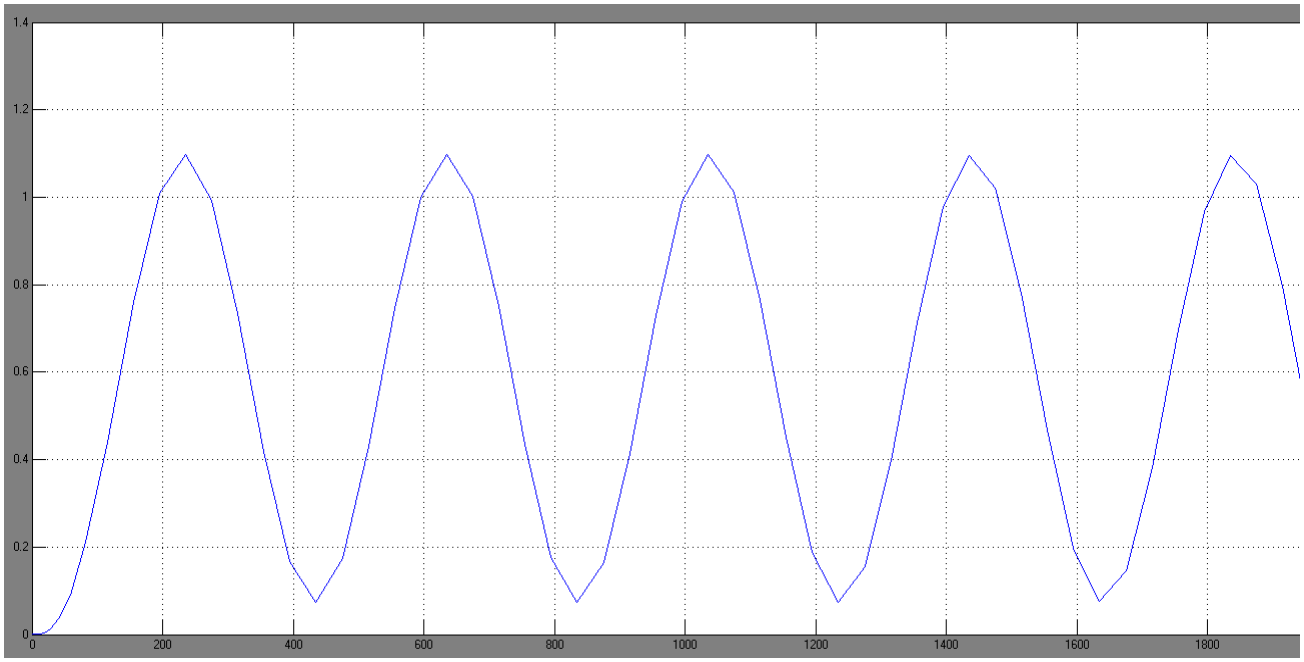


Рис. 7.4. Система на межі стійкості при $k_{рег}^{кр} = 9.347$

Шляхом підбору $k^{кр}_{рег}$ дослідимо як повидитиме система за допомогою отриманих перехідних процесів.

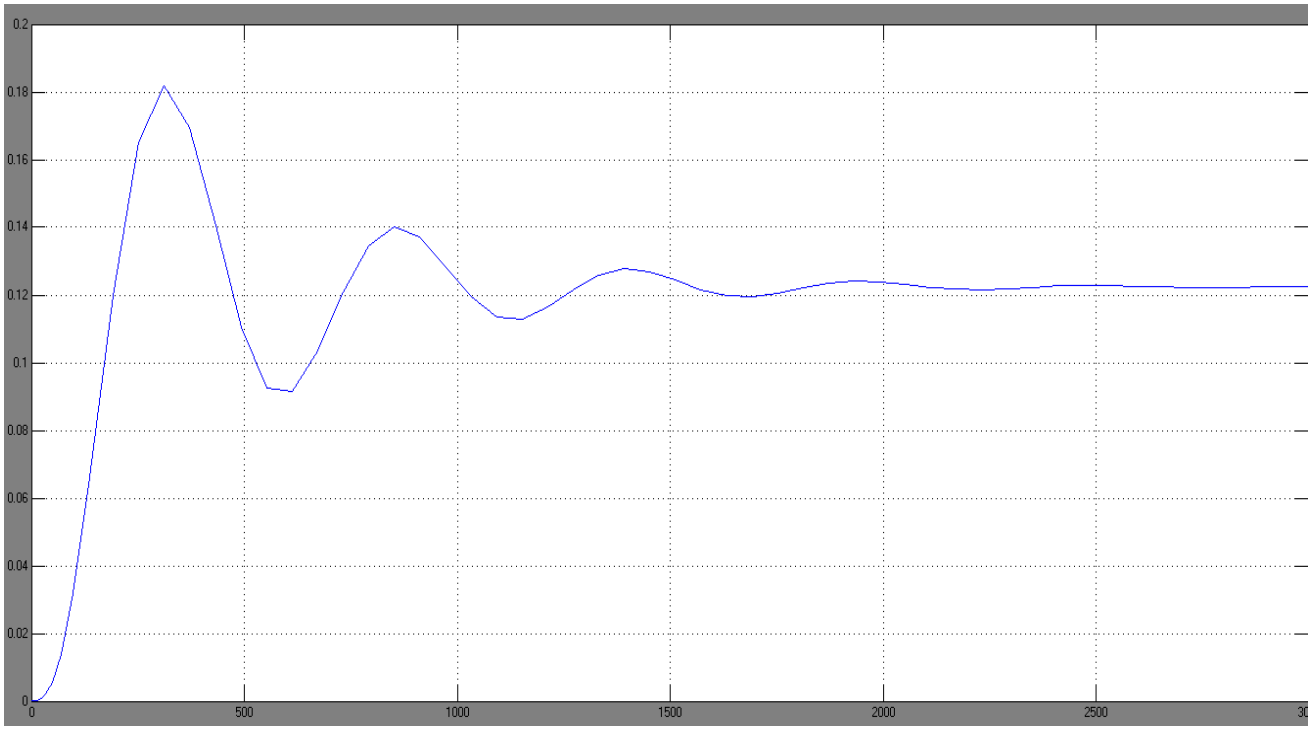


Рис. 7.5. Перехідний процес при $k_{рег} = 4$

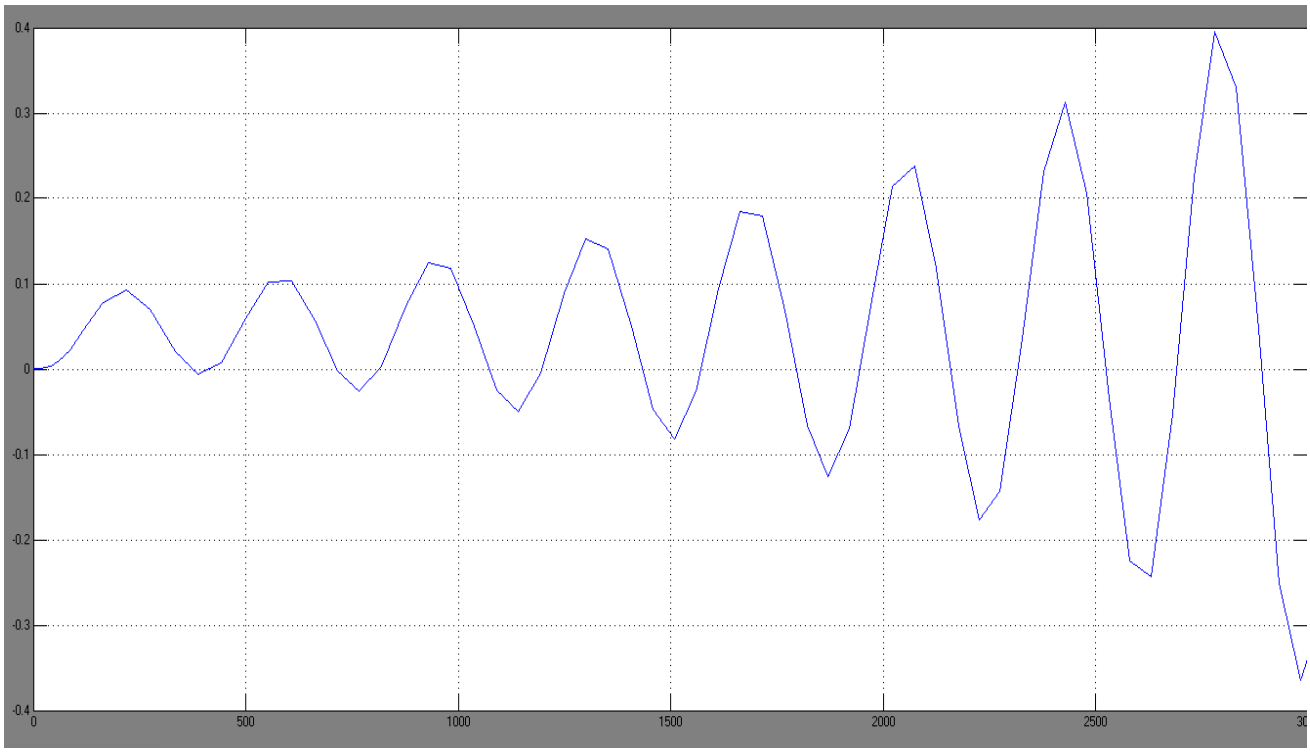


Рис.7.6. Перехідний процес при $k_{рег} = 12$

З перехідних процесів видно, що при $k_{рег} = 4$ система стійка так як перехідний процес збіжний див. рис.7.5. А при $k_{рег} = 12$ навпаки система не стійка, так як перехідний процес розбіжний див. рис.7.6.

Отже, для даного об'єкта були застосовані алгебраїчні критерії стійкості, а саме метод Рауса-Гурвіца, при яких були визначені умови, при яких система стійка, нестійка та знаходиться на межі стійкості, за визначеним значення регулятора $k^{кр}_{рег.}$

ВИСНОВОК

Внаслідок впровадження автоматизованої системи керування сушильно-охолоджувальної установки на цукровому заводі підвищилась надійність системи, значно покращилась якість готової продукції, зменшилися втрати цукрової пудри за рахунок ефективного очищення повітря циклонами №1 та №2, зменшились витрати гарячої та холодної води завдяки регулюванню температури та тиску подачі даних компонентів, а також зменшились втрати енергоресурсів за рахунок ефективної роботи діючого обладнання та зменшення часу їх простоїв.

Основна увага в проекті приділена процесу сушки цукру, яка відбувається в сушильно-охолоджувальній установці (СОУ) на цукровому виробництві.

Запропонована система передбачає збільшення техніко – економічних показників, що значною мірою впливає на стабільну роботу всього підприємства та принесення прибутку.

Розроблена система автоматизації відповідає вимогам якості, надійності, сучасності, а також базується на використанні закордонної та вітчизняної техніки. Завдяки використанню вибраної в кваліфікаційній роботі мікропроцесорної техніки було забезпечено високу точність регулювання і стабілізацію роботи процесу, що значно підвищує рівень надійності спроектованої системи і забезпечує якісне його регулювання. Використання VIPA System100 , дає змогу в автоматичному режимі програмно керувати технологічним процесом – отримати систему , яка забезпечує: контроль та реєстрацію регульованих величин, відображення ходу технологічного процесу на мнемосхемі, ручне керування виконавчими механізмами, покращення якості кінцевого продукту, яка досягається шляхом введення точних настройок регуляторів.

Розроблено програмне забезпечення та алгоритм для керування технологічним процесом. Це дає можливість застосовувати для оперативного керування SCADA – програму реалізовану в Zenon, що відкриває можливість отримувати дані про перебіг процесу як в реальному часі так і з історичної бази даних. Відмінне ПЗ дає змогу оператору процесу сушки цукру керувати технологічним процесом з локальної станцій, швидко і без зайвих зусиль з єдиного операторського пункту керувати

роботою всього відділення, не марнуючи час на керування з місцевих пунктів, а також завжди мати оперативну та достовірну інформацію на мнемосхемі про роботу всіх підсистем відділення в зручному для сприйняття вигляді.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сапронов, А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов. – М.: Колос, 1999. – 256 с.
2. Волошин, З.С. Автоматизация свеклосахарного производства / З.С. Волошин, Л.П.Макаренко . – М.: Пищевая промышленость, 1980. – 340 с.
3. 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.
4. 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.
5. Бабіченко, А.К. Промислові засоби автоматизації / А.К. Бабіченко. – Х.: НТУ «ХПІ», 2001. – 470 с.
6. Гончаренко, Б.М. Цифрові системи керування: Навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк, О.П.Лобок. – В.: Нова книга, 2007. – 160 с.
7. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.
8. Дудников, Е.Г. Автоматическое управление в химичкеской промьппленности: Учеб. для вузов / Под ред. Е.Г. Дудникова. – М.: Химия, 1987. – 368 с.
9. Ельперін, І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
10. Калениченко, А.В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике / Под ред. А.В.Калиниченко. – М.: Инфа-Инженерия, 2008. – 576 с.
11. 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.
12. Ладанюк, А.П. Методи сучасної теорії управління / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук. – К.: НУХТ, 2010. – 196 с.

13. Ладанюк, А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, ч.1. / А.П. Ладанюк. – В.: Нова книга, 2004. – 184 с.
14. Ладанюк, А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
15. Методичні вказівки до виконання схем автоматизації: бібл. номери 3148 та 6055.
16. Методичні вказівки до виконання принципових схем: бібл. номер 3168.
17. Методичні вказівки до виконання дисплейних мнемосхем: бібл. номери 5142 та 6055.
18. Нестеров, А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров. – СПб.: Издательство: ДЕАН, 2006. – 844 с.
19. Нестеров, А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 2. / А.Л. Нестеров. – СПб.: Издательство: ДЕАН, 2009. – 944 с.
20. Трегуб, В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: Навчальний посібник / В.Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
21. 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.
22. Трегуб, В.Г. Методичні вказівки до проектування принципових 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.
23. Фёдоров, Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие / Ю.Н. Фёдоров. – М.: Инфра-инженерия, 2008. – 928 с.
24. Фрайден, Дж. Современные датчики. Справочник / Дж. Фрайден. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
25. Ростовський, В.С. Системи технологій харчових виробництв. Навчальний посібник / В.С. Ростовський, А.В. Колісник. – К.: Кондор, 2008. – 215 с.
26. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.

27.Гончаренко, Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
28. 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.
29. 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.