

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет
 «Дніпровська політехніка»
 Навчально-науковий інститут електроенергетики
 (інститут)
 Електротехнічний факультет
 (факультет)
 Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
 (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

здобувача вищої освіти Мошник Назар Андрійович
 (П.І.Б.)

академічної групи 151-18ск-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу управління промисловою сушильною машиною

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	ас. Зибалов Д.С.			
Провідний консультант	ас. Зибалов Д.С.			
Розробка апаратного забезпечення системи управління	ст.викл. Козарь М.В.			
Визначення моделі об'єкта управління	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)

_____ Ткачов В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра

здобувача вищої освіти Мошник Н.А. академічної групи 151-18ск-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу управління промисловою сушильною машиною

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 12.04.2021 № 201с.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	31.03.2021
Розробка апаратного забезпечення системи управління	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою управління, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	06.05.2021
Визначення моделі об'єкта управління	Розробка методики дослідження об'єкта управління. Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта управління. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2021
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи управління.	02.06.2021
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	10.06.2021

Завдання видано

_____ (підпис п. конс.)

Зибалов Д.С.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 01.03.2021

Дата подання до атестаційної комісії 10.06.2021

Прийнято до виконання

_____ (підпис здобувача)

Мошник Н.А.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: ____ стор., ____ рис., ____ табл., ____ додат., ____ дж..

Об'єкт розробки: система автоматичного управління частотою обертів барабану сушильної машини.

Мета розробки: розробка і отримання моделі об'єкта управління частотою обертів барабану сушильної машини.

Отримана модель імітації перехідного процесу розгону двигуна сушильної машини дає можливість проаналізувати та отримати оптимальні режими розгону при змінненні швидкості обертання барабана або при змінненні режиму сушіння. Система отримана завдяки експериментальним даним знятим з реального об'єкту і має достатню точність та схожість.

Актуальність отриманої моделі обумовлена необхідністю підвищення енергоефективності і зменшенню енергозатрат шляхом знаходження оптимальних режимів розгону.

Особливістю системи є використання сучасного промислового контролера ПЛК160, фірми ОВЕН. Впровадження даного контролеру в промисловий об'єкт надає нові можливості при експлуатації та аналізу роботи системи.

Розраховано річний економічний ефект та термін окупності при введенні в експлуатацію розроблених режимів роботи. Розглянуто комплекс питань що до охорони праці.

СУШИЛЬНА МАШИНА, БАРАБАН, СУШІННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ДВИГУН, ОБЕРТИ, УПРАВЛІННЯ, ПРОЦЕС

ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	7
Вступ.....	8
1 Стан питання та постановка завдання.....	10
1.1 Галузь промисловості	10
1.2 Технологічний процес.....	11
1.3 Об'єкт управління	17
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління	17
1.3.2 Структура об'єкта управління	18
1.3.3 Принцип функціонування об'єкта управління.....	20
1.4 Формулювання задачі дослідження	20
1.5 Висновки по розділу	21
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління.....	23
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління	23
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків.....	24
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління.....	25
2.3.1 Вибір датчиків	25
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	26
2.3.3 Вибір пристроїв управління	28
2.3.4 Вибір пульта оператора	33
2.3.5 Вибір джерел живлення	33
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	34
2.5 Розробка схеми електричної принципової	35
2.6 Висновки по розділу	37

	5
3 Визначення моделі об'єкта управління	38
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	38
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління	39
3.3 Виконання експерименту	41
3.4 Обробка результатів експерименту	46
3.4.1 Підготовка даних.....	46
3.4.2 Структурна ідентифікація	47
3.4.3 Параметрична ідентифікація.....	50
3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink	52
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність.....	54
3.5 Висновки по розділу	55
4 Економічна частина	56
4.1 Розрахунок капітальних витрат	56
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	57
4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань	57
4.2.2 Розрахунок чисельності обслуговуючого персоналу	58
4.2.4 Розрахунок витрат на електроенергію	60
4.3 Висновки по розділу	61
5 Охорона праці	62
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів проектного об'єкта сушіння деревини	62
5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	62
5.2.1 Електробезпека.....	62
5.2.2 Забезпечення температури повітря у приміщенні	63
5.2.3 Заходи, що забезпечують оптимальні метеорологічні умови для приміщень.	64

	6
5.3 Пожежна безпека.....	66
5.4 Висновки по розділу	67
Висновки	68
Перелік посилань.....	70
Додаток А	73
Додаток Б.....	74
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	75
Відгук.....	77

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ОУ – об'єкт управління;

САУ – система автоматичного управління;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ЕОМ – електронна обчислювальна машина.

ВСТУП

Процес сушіння – дуже поширений на сьогоднішній день процес, яким користуються більшість населення України та світу, він зустрічається майже у кожному побуті, може використовуватися на будь-якому етапі виробництва одягу, а також у спеціалізованих хімчистках або пральних. За допомогою сушильних машин, процес сушіння білизни став набагато швидше і майже не потребує людського втручання. Сушіння білизни вирішує ряд проблем при використанні у побуті або на виробництві. По-перше, це значна економія місця та часу – білизну не потрібно вивішувати та чекати поки вона не висохне на свіжому повітрі. По-друге, це екологічність, тому що білизна майже не контактує з навколишнім середовищем, яке може надати речам непотрібний запах або пил.

Принцип роботи сушильної машини в тому, щоб проганяти гаряче повітря через барабан з одягом, який обертається. Гаряче повітря циркулює в сушильній машинці за допомогою першого вентилятора. Проходячи через одяг повітря забирає вологість собі, потім охолоджується за допомогою другого вентилятора. Так як гаряче вологе повітря охолоджується, воно конденсує в спеціальний бак. Після цього, за допомогою трубчастого електронагрівача повітря знову нагрівається і проходить через одяг. Другий вентилятор для охолодження використовує повітря з навколишнього середовища.

Основним елементом сушильної машини, за рахунок якого і відбувається обертання барабану, дуття гарячим повітрям та його охолодження являються електродвигуни. Тому дуже важливо забезпечити економічно вигідні режими розгону та роботи двигуна. При використанні розроблених технологій можна досягти мінімальних енергозатрат, а тому і максимальної економії в режимі експлуатації.

Основним критерієм оцінки ефективності енергозбереження є прибуток, який лишається в розпорядженні підприємства. Вплив на прибуток підприємства, зв'язаних з реалізацією технологічного енергозбереження, визначається співвідношенням факторів, які здійснюють позитивний або негативний вплив на показники економічної діяльності. До позитивних факторів

відносять зниження енергозатрат та економію коштів при цьому. А до негативних відносяться такі фактори як: зростання грошових затрат (не дивлячись на економію енергоресурсів), експлуатаційні затрати на збереження енергозберігаючого обладнання або персоналу тощо.

У зв'язку з цими факторами все частіше поступають пропозиції, які показують економію електроенергії у процентах від існуючого споживання.

Поява обчислювальної техніки і надійних швидкодіючих обчислювальних машин дає можливість вирішувати задачі оптимізації управління не тільки апаратами, а й цілими комплексами обладнання.

Система такого виду користується різними засобами цифрової та комп'ютерної техніки для збору, обробки та представлення інформації про роботу барабана: його швидкості та розгону. Така система дає змогу інтеграції в інформаційну систему підприємства, а також забезпечує автоматичне управління швидкістю та уставкою двигуна барабана. Це і є предмет розробки даної кваліфікаційної роботи.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Сушильні машини (або барабани) - це швидкий та повністю автоматизований спосіб сушіння одягу. Вони дозволяють висушити будь-який одяг до потрібної вологості в дуже короткий проміжок часу. На сьогоднішній день більшість вважає електричні сушильні барабани незамінними предметами побуту - особливо в тих регіонах, де погода занадто ненадійна для сушки випраних речей на вулиці.

Термін служби сушильного барабану різний і залежить від якості комплектуючих, а також від обережності та правильності користування. Середній строк експлуатації сушильної машини складає приблизно 5-7 років. В побуті сушильна машина відпрацьовує до 15 років або приблизно 700 робочих годин.

За даними державної служби статистики, на кінець 2020 року в Україні офіційно працювали 243 підприємства, які надавали послуги прання та хімчистки (не враховуючи окуповані території). Таким чином в Україні в середньому працює одна хімчистка на 175 тисяч чоловік. Для порівняння, в країнах Східної Європи один цех хімчистки та пральні обслуговує приблизно 50 тисяч чоловік. Окрім того відомо, що в містах України з населенням більше 1 мільйона, працюють не менш ніж 10-20 пральних, в містах з населенням від 500 тис. - працює тільки 2-4 цеха, а в містах з населенням до 500 тис. чоловік взагалі немає хімчисток або пральних. Ці статистичні дані показують, що ринок України ще далекий від насичення. Його можна умовно розділити на дві групи:

- мережа хімчисток, орієнтованих на обслуговування населення;
- підприємства, які обслуговують державні об'єкти.

Більша частина мережевих хімчисток і пральних працюють на умовах франшизи, що пояснюється досить невеликими інвестиціями, необхідними для відкриття бізнесу.

Стартовий капітал для відкриття хімчистки становить 50-100 тис. дол. Для відкриття хімчистки знадобиться приміщення площею 20-100 м², розташоване в

досить людяному місці. В іншому підприємець отримує підтримку з боку компанії-франчайзера: технологічний проект, постачання і монтаж обладнання, консультації по веденню бізнесу, навчання персоналу. Окупність проекту в середньому становить 3-5 років при рентабельності в 25-30%. Для порівняння, в країнах Європи хімчистка виходить на прибуток через приблизно 5-6 років. В Україні складно відповісти на питання про терміни окупності через те, що всі витрати на запуск і матеріали відбуваються в валюті, яка останнім часом не стабільна.

В результаті хімчистка брюк обійдеться клієнтові мінімум в 80-160 грн, сукні - 120-600 грн. (якщо весільна сукня, то ціна може зрости до 1000 грн.), костюма - 240-360 грн., верхнього одягу - 200-400 грн. Ціна буде залежати від якості виробу, характеру і розмірів плям. Наприклад, за сильно забруднені речі деякі хімчистки беруть надбавку у розмірі 50%, а також додаткову оплату можуть взяти за комбіновані вироби (наприклад, з шкіряними і хутряними вставками), багатобарвні речі, швидкість виконання замовлення.

Через стрімке зростання інфляції, зниження купівельної спроможності населення і подорожчання послуг, попит був досить слабким - люди все більше економлять на послугах пралень і хімчисток, вважаючи за краще доглядати за своїми речами самостійно. Також, клієнти-юридичні особи - бажаючи заощадити, готелі, ресторани, фітнес-центри і медичні установи відмовляються від послуг хімчисток. У компаніях підраховали, що дешевше витратитися на обладнання та встановити свої міні-пральні та сушильні, ніж платити підрядчикам.

Для отримання клієнтів, хімчистки все більше збільшують спектр своїх послуг. Сьогодні він не обмежується лише пранням, сушінням, чищенням одягу та виведенням плям - великі мережі пропонують клієнтам послугу прасування виробів, ремонту одягу та взуття, зберігання хутряних виробів.

1.2 Технологічний процес

Промислові сушильні барабани DANUBE International (Франція) вже в базовій комплектації BASIC поставляються з реверсом барабана, що у інших

виробників вважається опцією за додаткові 300-400 євро. У комплектації BRONZE, SILVER і GOLD барабан виготовлений з нержавіючої сталі. Порівняльну характеристику всіх комплектацій ми наводимо в таблиці нижче. Таким чином, Ви можете купити машину з необхідним набором функцій відповідно до свого бюджету.



Рисунок 1.1 – Промисловий сушильний барабан DANUBE DD-80

Перевага цих моделей в порівнянні з іншими аналогами на ринку можна звести до наступного:

- встановлено реверс обертання барабана;
- барабан з нержавіючої сталі AISI 304 для серій BRONZE, SILVER і GOLD;
- новий дизайн фільтра з н/ ж стали;
- інвертор двигуна;

- професійне охолодження в кінці циклу сушіння: система запобігання зминання речей (відсутній на моделях з паровим нагріванням);
- аварійна зупинка;
- пропонується вибір нагріву – електричний, газовий або паровий;
- невисока ціна за європейську якість і розширену функціональність.

Для пральні фармацевтичної і приладобудівної галузей пропонується серія CLEAN. Ці моделі мають всі переваги серії GOLD, але їх корпус вже виготовлений з нержавіючої сталі AISI 304, з цієї ж марки стали виготовлений і повітряний фільтр. Але головною відмінністю є барабан з нержавіючої сталі марки 316L і додатковий фільтр HEPA для тонкого очищення вхідного повітря.

HEPA (англ. High Efficiency Particulate Absorbing - високоефективне утримання часток). Більш детальну інформацію про фільтри такого типу можна прочитати тут.

Таблиця 1.1 - Порівняльна таблиця сушильних машин danube international

Серія	Gold	Silver	Bronze	Basic
Управління	мікропроцесор	мікропроцесор	таймер	таймер
Барабан з реверсом	є	є	є	є
Інвертор	є	є	є	є
Фільтр з н/ж сталі	є	є	є	є
Покриття корпусу	порошкове	порошкове	порошкове	оцинкований
Матеріал барабана	н/ж сталь	н/ж сталь	н/ж сталь	оцинкований
Делікатна сушка	є	є	є	немає
Потік повітря	оптимізований	подвійний	подвійний	звичайний
Сенсор залишкової вологості	є	опція	немає	немає
Протипожежна система	є	опція	немає	немає
Рециркуляція повітря	є	немає	немає	немає

Промислові сушильні барабани DANUBE оптимально працюють в парі з промисловими пральними машинами серії WED. Висока швидкість віджиму на цих моделях істотно скорочує час сушіння та економить електроенергію. Також серію GOLD можна використовувати в комплекті з будь-якою пральною машиною DANUBE для водо-очистки.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики

Модель	DD-11	DD-16	DD-23	DD-28	DD-35	DD-45	DD-60	DD-80
Завантаження 1:18 (кг)	12	18	26	31	37	50	67	83
Завантаження 1:20 (кг)	11	17	23	27	33	45	60	75
Продуктивність GOLD (кг/год)	27	43	60	72	86	117	156	195
Продуктивність SILVER/BRONZE/BASIC (кг/год)	21	33	46	55	66	90	120	150
Потужність випаровування GOLD (л/год)	14.17	22.4	35.1	44.6	44.6	60.6	81.2	99.7
Потужність випаровування SILVER/BRONZE/BASIC (л/ч)	10.9	17.2	23.9	28.6	34.3	46.6	62.5	76.7
Барабан								
Ø барабана	750	750	855	947	947	1225	1225	1225
Ø дверці	574	574	574	802	802	802	802	802
Відстань до центру дверці	976	976	1030	1040	1040	1275	1275	1275
Відстань до основи дверці	689	689	743	640	640	874	874	874
Глибина барабана	475	746	800	780	936	760	1020	1252
Об'єм барабана	210	330	460	550	660	896	1202	1500
Потужність								
Потужність двигуна (кВт)	0.25	0.25	0.37	0.55	0.55	0.75	1.1	1.5
Потужність вентилятора GOLD (кВт)	0.55	0.55	0.75	0.75	0.75	2.2	2.2	2.2
Потужність вентилятора SILVER/BRONZE/BASIC (кВт)	0.25	0.25	0.55	0.55	0.55	1.1	1.1	1.1
Макс. споживання GOLD (електрична модель) (кВт)	12.85	18.85	25.17	31.35	37.35	57	75.35	75.75
Макс. споживання SILVER/BRONZE/BASIC (електрична модель) (кВт)	12.55	18.55	24.97	31.15	37.15	55.9	74.25	74.65
Нагрів (електрична модель) (кВт)	12	18	24	30	36	54	72	72
Макс. споживання GOLD (кВт) (газова та парова модель)	0.85	0.85	1.17	1.35	1.35	3	3.35	3.75
Макс. споживання SILVER/BRONZE/BASIC (газова та парова модель) (кВт)	0.55	0.55	0.97	1.15	1.15	1.9	2.25	2.65
Габарити								
Ширина (мм)	785	785	890	985	985	1270	1270	1270
Глибина (мм)	840	1100	1245	1054	1210	1085	1345	1577
Висота (мм)	1694	1694	1812	1946	1946	2380	2380	2380
Вага (кг)	172	187	210	230	260	395	529	657
Інші характеристики								
Макс. повітряний потік GOLD (м ³ /год)	1200	1200	1500	1500	1500	4500	4500	4500
Макс. повітряний потік SILVER / BRONZE / BASIC (м ³ /год)	850	850	1200	1200	1200	3000	3000	3000
Ø витяжки відпрацьованого газу (мм)	200	200	200	200	200	300	300	300
Рівень шуму (dB)	64	64	65	65	65	67	67	67

У кваліфікаційні роботі в якості об'єкта управління розглядається промисловий сушильний барабан DANUBE DD-11.

Сушіння білизни здійснюється за допомогою обертання барабану, дуття на одяг гарячим потоком повітря, а також його охолодження за допомогою води або

іншим потоком повітря (з навколишнього середовища). Всі ці функції виконує електродвигун сушильної машини. Як правило, барабан має три ребра для кращого перемішування та розподілу одягу по поверхні в процесі сушіння. Контроль швидкості, температури повітря, часу сушіння та поточної вологості виконується автоматично програмою. Автоматичні сушильні машини за типом відводу вологи поділяються на:

- конденсаційні – вологе повітря конденсується у спеціальний бак, потім нагрівається за допомогою трубчастого електронагрівача і знову обдуває речі в барабані;
- вентиляційні – вологе повітря, яке обдуло речі, видувається у вентиляцію або на вулицю.

Промислові сушильні машини використовуються в пральнях для сушіння фасонних виробів (верхній одяг, джинси, халати, уніформа), а також махрових рушників та халатів. При цьому, вироби мають «розпушений» вид. Ступінь «пом'ятости» значно нижче, в порівнянні з тими виробами, які, наприклад, були б висушені природним шляхом. Такий ефект досягається за рахунок функції «cool down». В кінці заданого циклу сушіння машина відключає нагрівальні елементи, після чого в барабан подається холодне повітря. Перемішуючись з потоком холодного повітря вироби набувають «повітряний» вид. Слід врахувати, що для досягнення оптимальних результатів прасування, не рекомендується сушити вироби до нульової залишкової вологості. Буде набагато краще залишити вироби злегка вологими, щоб досягти оптимальних результатів при прасуванні. Зовнішнє повітря підігрівається і пропускається через речі, які сушаться, що знаходяться в барабані, який повільно обертається. Швидкість обертів барабану встановлюється від 50 до 100 обертів на хвилину і залежить від обраної програми та встановленої вологості речей у кінці роботи. У міру висихання набрав вологу повітря виводиться зазвичай з тильної частини машини. Електроventилятор втягує повітря через вхідну решітку в корпус, де нагрівається нагрівальними елементами. Потім тепле повітря проходить через отвори перфорованого барабана, який обертається за допомогою приводного ремня від того ж електродвигуна, що обертає вентилятор. Усередині повітря-

воду є змінний фільтр, який ловитиме пиловидний пух від тканин і не пропускає його в навколишню атмосферу разом з гарячим вологим повітрям, що виводять через випускний вентиляційний отвір.

Термореле зазначає температуру повітря, що виходить і автоматично так вмикає і вимикає нагрівальні елементи, щоб підтримувати оптимальну температуру.

Після проходження всіх етапів споживач, дочекавшись розблокування замка, отримує суху чисту білизну.

Приведена схема демонструє технологічний процес вентиляційної сушильної машини, але якщо немає можливості виводити вологе повітря за межі приміщення через вікно або спеціальний шланг, то необхідно використовувати конденсаційний тип сушильної машини. По конструкції він майже не відрізняється від попереднього типу, окрім циклу проходження вологого повітря по повітропроводу (рис. 1.2). Труба повітря проводу не виходить за межі машини, а охолоджується і конденсує гаряче повітря у спеціальний бак, який після сушки потрібно опорожнити від води. Охолодження гарячого повітря може бути здійснено за допомогою додаткового вентилятора, який ганяє повітря з навколишнього середовища через решітку в передній нижній частині машини. Охолоджена вода знову видувається на одяг, циркулюючи по машині впродовж роботи.

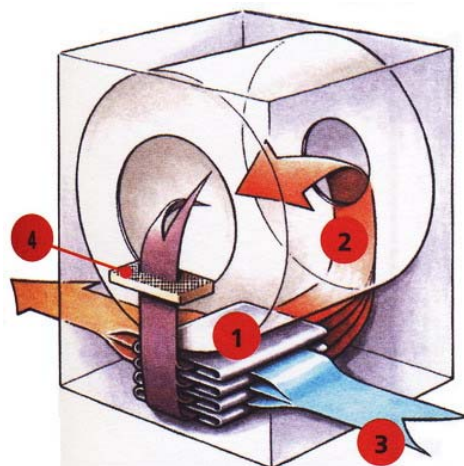


Рисунок 1.2 - Проходження повітря в конденсаційній сушильній машині

1 – конденсатор; 2 – циркулююче повітря; 3 – охоложене повітря; 4 – фільтр.

Треба зауважити, що система з конденсаційним типом значно дорожча в зрівнянні з вентиляційним. А також, в такій машині необхідно регулярно зливати воду з ємності для конденсату, а також вичищати конденсатор від пуху, який міститься в одягу, тому що він досить сильно забивається.

1.3 Об'єкт управління

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління

Мета кваліфікаційної роботи – це здійснення управління сушильною машиною, програмування її за допомогою програмованого логічного контролеру і дослідження її властивостей та параметрів для подальшої оптимізації процесів розгону та обертання барабану. Тому система управління буде умовно складатися з двох складових:

- сушильна машина (об'єкт управління);
- блок управління (управляючий пристрій).

Блок управління буде знаходитися поза сушильною машиною, а всі управляючі та інформаційні сигнали виведені до сушильної машини за допомогою двох відповідних шлейф, в яких містяться електричні дроти.

Система управління, яка встановлена в сушильну машину виробником була видалена, тому що основну функцію управління буде здійснювати програмований логічний контролер, розташований в блоці управління. Всі контакти внутрішніх пристроїв сушильної машини було перевірено та укріплено, а потім заведено до відповідного відділу підключення шлейф.

Всередині корпусу сушильної машини встановлений бак, електродвигун приводу барабана. На передній частині бака знаходяться противаги, а сам бак підвішений на чотирьох циліндричних пружинах, які кріпляться до упорів корпусу. До нижньої частини бака приварені пластини. До цих пластин кріпляться електродвигун і амортизатори. Амортизатори служать для зменшення вібрації сушильної машини.

Основні вузли і агрегати пральної машини, а також їх функції:

- електромагнітний клапан – залив води;
- електродвигун (привід барабану) – обертання барабану;

- хрестовина баку – в ній знаходиться підшипниковий вузол, в якому обертається барабан. Кріпиться до баку;
- ремінь – передає обертання від електродвигуна до барабана;
- зливний насос – злив води з бака в каналізацію;
- нагрівальний елемент (ТЕН) – нагрів води в баку;
- температурний датчик – контроль температури нагріву води;
- датчик блокування завантажувального люка – блокування завантажувального люка під час виконання програм;
- індикатори режиму роботи;

Блок управління являє собою електричний щиток до якого заведено два шлейфи: управління та силовий. Він має дверцята зі склом для обзору внутрішніх елементів блоку. До цього блоку входять наступні елементи:

- ПЛК160 – управління сушильною машиною;
- два магнітний пускача – реверс двигуна та включення ТЕН;
- схема управління частотою обертів двигуна у корпусі;
- автоматичний вимикач для подачі мережі живлення.

Управління сушильною машиною здійснюється за допомогою програмованого логічного контролеру ПЛК160. До нього заведено всі управляючі та силові дроти, а також додаткові реле і інші елементи. Програмування та запис програми в контролер здійснюється за допомогою інтерфейсу Ethernet. Швидкість обробки однієї операції приблизно 10 мс, цього достатньо для швидкого та точного управління об'єктом. За допомогою цього контролеру здійснюється обробка та встановлення вхідних та вихідних сигналів відповідно.

Також до блоку управління входить автоматичний вимикач, який живить сушильну машину і її елементи, а також блок управління, що забезпечує безпечну роботу системи.

1.3.2 Структура об'єкта управління

Вся система поділяється на виконавчі та реєструючі підсистеми. Для передачі значень параметрів, що контролюються, та прийому управляючих

впливів пропонується використовувати один з найбільш розповсюджених стандартів передачі фізичного рівня зв'язку – електричні сигнали.

Вхідні параметри:

- кнопки на панелі пральної машинки;
- регулятори режиму, швидкості та температури;
- тахометр або датчик швидкості обертання двигуна.

Вихідні параметри:

- швидкість обертання барабану;
- реверс двигуна.

Схема об'єкта управління зображена на рис. 1.3 і є деталізованим фрагментом схеми технологічного процесу.

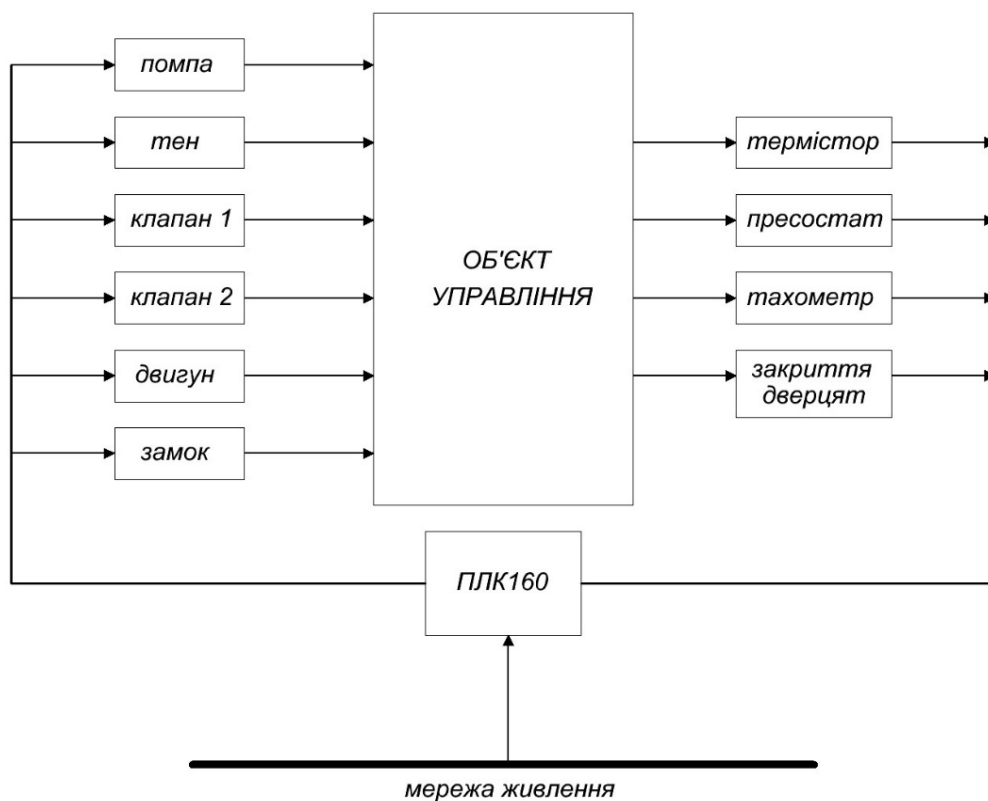


Рисунок 1.3 - Схема об'єкта управління

Вхідні та вихідні параметри змінює та обробляє програмований логічний контролер ПЛК160. Він обробляє сигнали як ручного режиму так і з віддаленого інтерфейсу, який може підключатися до ПЛК через Ethernet.

1.3.3 Принцип функціонування об'єкта управління

Об'єкт управління може працювати у двох режимах: автоматичний та ручний. В автоматичному режимі користувач обирає режим за допомогою регулятора на панелі пральної машини і вона починає працювати у відповідності до програми, яка прописана в контролері. В ручному режимі користувач може змінювати параметри пральної машини як з панелі на пральній машині, так і з віддаленого інтерфейсу, який реалізується на базі середовища CodeSys v2.3. Управління з панелі або з інтерфейсу перемикається за допомогою однієї з п'яти кнопок на пральній машині, тому система точно знає з якого джерела треба приймати управляючі сигнали.

Система відноситься до безперервного класу, тому буде сформульована задача дослідження об'єкту управління.

1.4 Формулювання задачі дослідження

Для отримання математичної моделі об'єкта управління і її розрахунку треба провести дослідження розгону двигуна. Розгін буде починатися зі стану спокою до максимально допустимої швидкості двигуна. Данні при розгоні будуть заноситися до таблиці в середовищі програмування CodeSys v2.3, а потім оброблятися за допомогою пакету MATLAB та вчасності середовищі моделювання Simulink. Для перевірки моделі на адекватність буде проаналізовано її схожість з реальною системою та реакції на зміну певних параметрів.

Метою дослідження дипломного проекту бакалавра є підвищення енергоефективності та функціоналу обертання барабану сушильної машини.

Ефективне управління об'єктом з використанням методів теорії автоматичного управління можливо лише тоді, коли відома його математична модель. Тому побудова математичної моделі є найважливішим етапом створення будь-якої автоматичної системи управління.

У промисловості найбільш поширеним способом отримання математичної моделі є ідентифікація об'єкта управління. Ідентифікація - це процес побудови математичної моделі об'єкта управління, заснований на обробці вхідних і

вихідних сигналів, отриманих за допомогою пасивного або активного експериментів.

Процес ідентифікації об'єкта управління складається з трьох етапів: структурна ідентифікація, параметрична ідентифікація та оцінка адекватності моделі.

Перевірка моделі об'єкта управління на адекватність повинна виконуватися за нормованим середньоквадратичним відхиленням. Розбіжність між результатами моделювання та експериментальними даними не повинна перевищувати стандартного технічного відхилення в 10 %.

1.5 Висновки по розділу

На підставі розглянутих особливостей роботи обладнання для управління швидкістю обертів сушильного барабану та існуючих способів регулювання процесів безперервного обертання можна зробити висновок, що об'єкт управління відноситься до безперервного типу.

Система управління повинна містити наступні компоненти: програмований логічний контролер, пристрій управління швидкістю електродвигуна, а також реле реверсу для розширення функціонала сушильного барабану.

Виходячи з опису технологічного процесу і структури об'єкта управління необхідно провести активний експеримент. У зв'язку з неможливістю виконати експеримент на реальному технологічному об'єкті була розроблена фізична модель, яка аналогічна сушильній машині. Використовуючи цю фізичну модель можуть бути проведені експериментальні дослідження.

Так як виконавчий пристрій має нерозривний зв'язок з об'єктом управління, далі під об'єктом управління буде трактуватись як сам об'єкт, так і його виконавчий пристрій. В якості вхідного сигналу об'єкта управління виступатиме управляючий вплив з контролера, а в якості вихідного сигналу дійсне значення швидкості обертів барабану.

Проведення процесу ідентифікації об'єкта управління за даними активного експерименту вимагає наявності динамічної та статичної характеристик, реакції на П - образне вплив і перевірочних даних.

Згідно з переліком технологічних параметрів і нормам технологічного режиму, в дипломному проекті необхідно вибрати первинні перетворювачі, які використовуються для вимірювання параметрів, пристрій управління, та виконуючий пристрій.

Датчики і виконавчі пристрої повинні мати уніфіковані сигнали (4-20 мА, або 0-10 В), тому що вони найбільш підходять до організації розподіленої системи управління на базі програмованих логічних контролерів.

Вибір програмованого логічного контролера повинен визначатися наступними критеріями:

- функціональні можливості контролера повинні повністю покривати коло завдань, що вирішуються при автоматизації даного технологічного процесу;
- характеристики контролера, що визначають його швидкодію повинні задовольняти потребам автоматичного управління;
- кількісні характеристики контролера, що визначають число і типи входів і виходів повинні бути оптимально співвіднесені з інформаційними характеристиками процесу;
- комунікаційні характеристики контролерів, тип мережі, використовувані протоколи і можливість сполучення з наявними і передбачуваними;
- обсяг постійної і оперативної пам'яті контролера повинен бути достатнім для розміщення та оптимального функціонування доданого програмного забезпечення (при цьому повинні враховуватися ціни контролерів і додаткового обладнання).

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління

Об'єктом управління даного проекту являється промисловий сушильний барабан DANUBE DD-11, а саме двигун барабану сушильної машини. Вхідним параметром об'єкту являється напруга, яка визначає швидкість обертів барабану. На електродвигуні встановлений тахогенератор, який працює на принципі ефекту Хола, а тому формує імпульси з певною частотою в залежності від поточної швидкості ротору. Ці імпульси поступають на мікросхему TDA1085C, яка перетворює їх на відповідну напругу. Тому вихідним параметром об'єкту є напруга, яку формує мікросхема, яка знаходиться в діапазоні від 5 до 12 В. Основна задача системи управління – це підтримання потрібної швидкості обертів барабану, а також забезпечення розгону двигуна з мінімальними енергозатратами та максимальною швидкістю.

Виходячи з цього система повинна мати мікросхему для перетворення частотних імпульсів у напругу, а також видачі керуючої напруги на електродвигун; пристрій управління, який буде задавати потрібне значення напруги для двигуна, а також інтерфейс користувача, за допомогою якого буде задаватися режим роботи системи (рис. 2.1). Пристрій управління в поточній системі – це програмований логічний контролер ПЛК160.

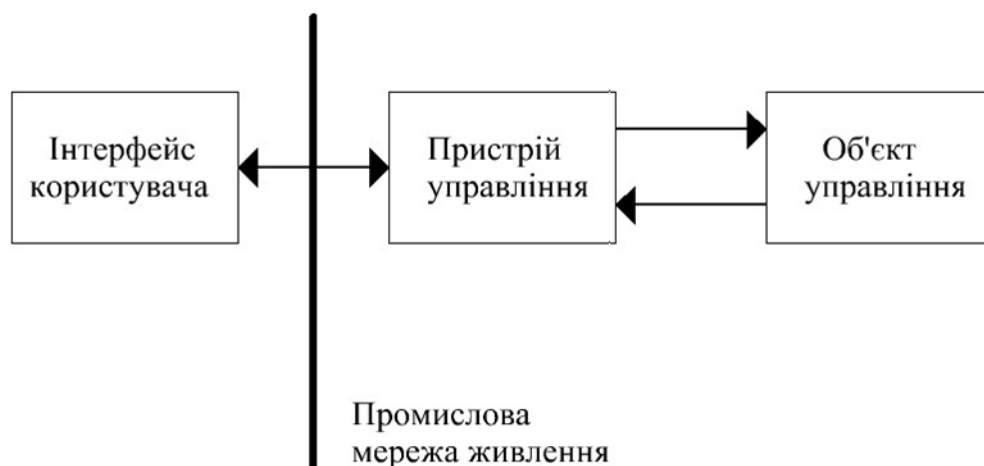


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи управління

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Сучасні системи управління крім вирішення задач управління об'єктом виконують ряд інших функцій, таких як:

- програмування та конфігурування давачів, контролерів, та виконавчих пристроїв;
- організація режиму ручного управління;
- організація робочого місця оператора;
- візуалізація людино-машинного інтерфейсу;
- виявлення критичних режимів роботи;
- реєстрація історії процесу управління;
- створення, зберігання, та завантаження рецептів технологічного процесу;
- формування звітів;
- архівація даних.

У відповідності з вище описаними вимогами, система окрім вирішення задач управління повинна забезпечувати збір інформації з датчиків, встановлення різних станів обладнання (певної швидкості), системи контролю за станом обладнання, протиаварійної системи, а також блок переводу у ручний режим управління.

Крім того, система повинна забезпечувати візуалізацію і контроль за технологічним процесом. Вона реалізована на базі програмного середовища CoDeSys v2.3, яке спеціально призначене для програмованих логічних контролерів типу ПЛК160. Вона повинна забезпечити збір даних, їх відображення та віддалений контроль параметрів виконавчих органів.

Розроблена структурна схема інформаційних потоків (рис. 2.2) забезпечує підтримання заданих обертів двигуна та його енергоефективний розгін. Також вона виконує збереження даних та їх контроль. Вона виконана відповідно до вимог, які були пропоновані технічним засобам, що використовуються при функціонуванні системи.

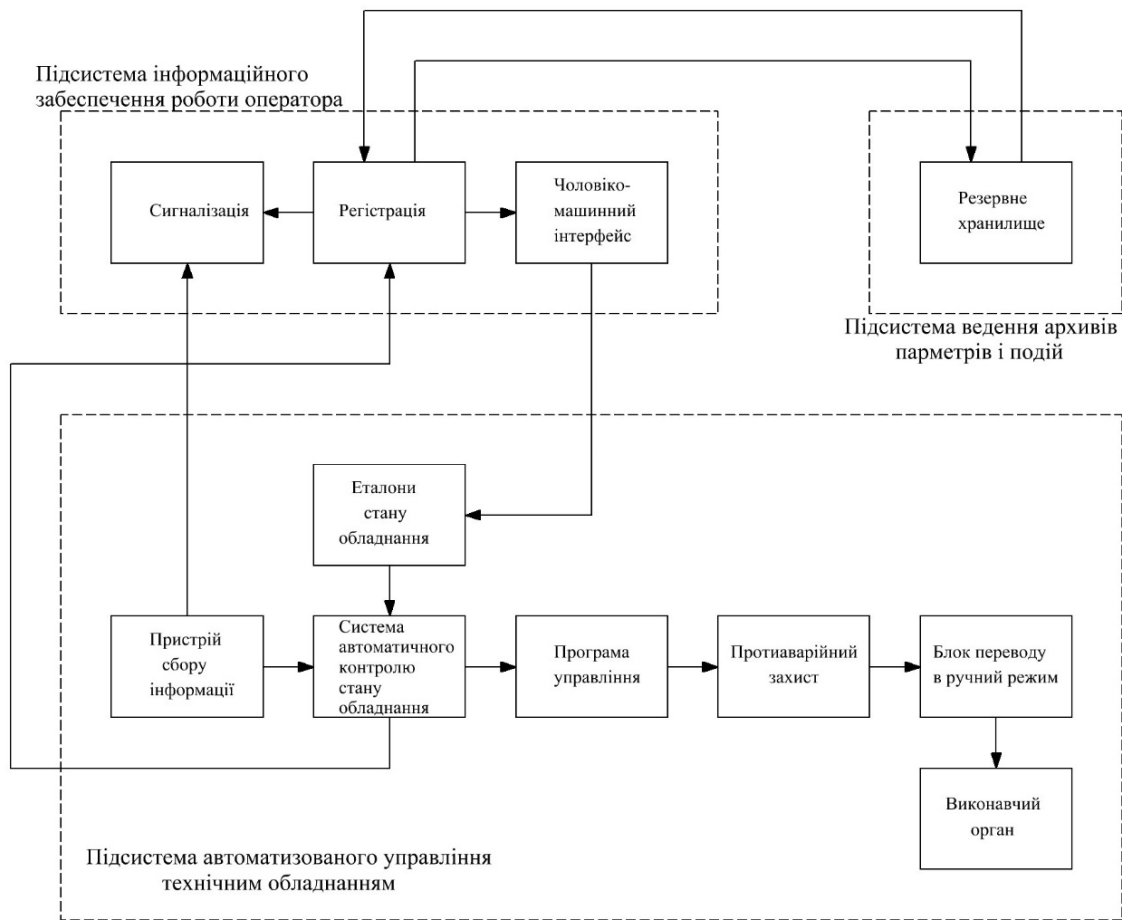


Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

Підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора представляє собою апаратно програмний комплекс на базі персонального комп'ютера з операційною системою Windows і програмним забезпеченням ОВЕН, а саме середовищем CoDeSys v2.3.

Зв'язок з вище описаними апаратними комплексами забезпечується за допомогою загально промислової мережі підприємства, а між програмним забезпеченням за допомогою стандартних протоколів у відповідності до загальних вимог системи.

2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління

2.3.1 Вибір датчиків

Основною задачею системи управління, яка розробляється в даному проекті є контроль та управління швидкістю обертів барабану. Необхідно забезпечити діапазон від 20 до 100 об/хв. Для вимірювання поточної швидкості

коллекторного електродвигуна використовується тахо-датчик для поточної моделі сушильного барабану. Він монтується на електродвигун і генерує 4 імпульси на 1 оберт двигуна. Підключення датчику здійснюється за допомогою забезпечених виробником спеціальних кріплень. Сушильний барабан при купівлі повинен включати у собі такий датчик, тому в нього немає чіткої назви. Він має певний код, який підходить до ряду сушильних машин. Якщо такого датчика не передбачено, ми використаємо датчик з кодом 91950881 (рис. 2.3). Його характеристики зазначені у табл. 2.1.

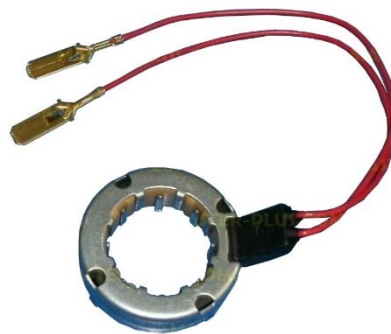


Рисунок 2.3 – Тахо-датчик для електродвигуна сушильного барабану 91950881

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики давача частоти обертів 91950881

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	Тахо-датчик
2	Принцип дії	Ефект Хола
3	Діапазон вимірювальних швидкостей, об/с	від 0 до 60
4	Вихідний сигнал, В	від 0 до 15
5	Активний опір, Ом	90
6	Напруга живлення, В	0
7	Споживана потужність, Вт	0

На основі обраних давачів і їх технічних характеристик складена табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Давачі системи управління

№	Найменування параметру	Принцип контролю	Тип	Діапазон вимір.	Значення виходу	Споживана потужність
1	Частота обертів	Обертання валу двигуна	Цифровий	0 – 60 об/с	0 – 15 В	0,25 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Основним пристроєм для обертання барабану сушильної машини є коллекторний електродвигун, який за допомогою шківу та пасової передачі

обертає барабан. В більшості сушильних машин ремінь накидано на сам барабан. Він обертається з частотою від 0 до 3 600 об/хв. Контроль частоти обертів електродвигуна здійснюється за допомогою напруги живлення. Ми розглянемо електродвигун моделі з кодом 1366672002 від компанії АЕГ (рис. 2.4). Його характеристики зазначені у табл. 2.3.

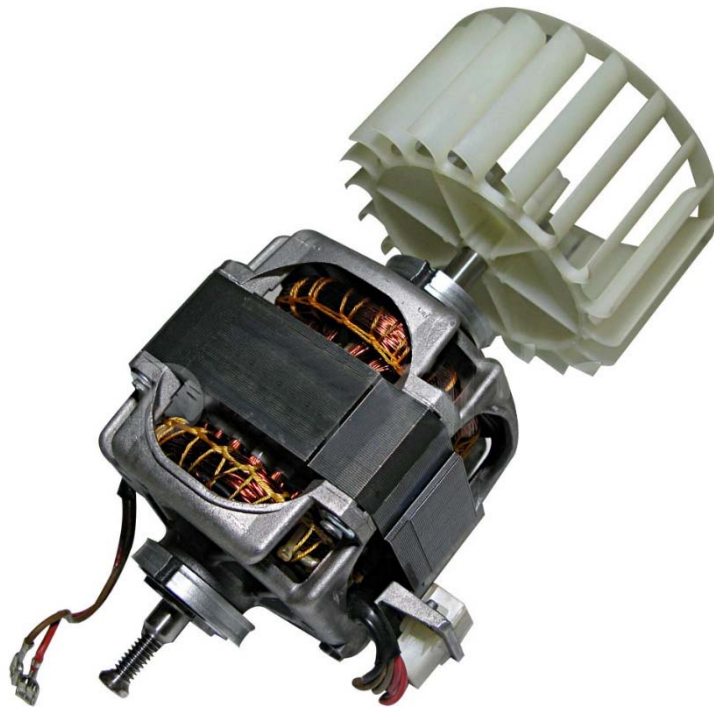


Рисунок 2.4 – Колекторний електродвигун АЕГ 1366672002

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики колекторного електродвигуна АЕГ 1366672002

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	Двофазний, колекторний
2	Напруга живлення, В	~220/380
3	Потужність, кВт	0,55
5	Частота обертів, об/хв	3 600

Для реалізації розгладження білизни під час сушіння, а також більш функціонального інтерфейсу необхідно використовувати пристрій, який забезпечує пряме та реверсне включення електроприводу. Описаним вимогам відповідає магнітний пускач ПМЛо-1-18 АС3 1NC (рис. 2.5), який перекидає обмотки якоря електроприводу. Пристрій забезпечує безпечну комутацію

статору та ротору, та їх пряме та реверсне підключення. Технічні характеристики пристрою зазначені у табл. 2.4.



Рисунок 2.5 – Пускач магнітний ПМЛю-1-18 АС3 1NC

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики магнітного пускача ПМЛю-1-18 АС3 1NC

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	Пускач, магнітний
2	Напруга живлення, В	~220/380
3	Номінальний струм, А	18
4	Максимальна потужність, кВт	7,5
5	Тип контактора	реверсивний
6	Кнопковий піст	є
7	Комутаційна зносостійкість, циклів	1 000 000
8	Механічна зносостійкість, циклів	3 000 000

На основі обраних давачів і їх технічних характеристик складена табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Давачі системи управління

№	Найменування параметру	Принцип контролю	Тип	Діапазон управління	Лінійність	Споживана потужність
1	Обертання барабану	По напрузі	Аналог.	0 – 3600 об/хв	Лінійний	0,25 Вт
2	Реверс барабану	По напрузі	Цифровий	0 – 220 В	–	7,5 Вт

2.3.3 Вибір пристроїв управління

Основною задачею системи управління є здійснення контролю швидкості обертів колекторного двигуна в діапазоні від 20 до 100 обертів за хвилину. Для контролю швидкості обертів необхідна спеціальна мікросхема, яка здатна

формувати керуючу напругу відповідно до уставки швидкості. Описаним вимога відповідає контролер частоти обертів електродвигуна на базі мікросхеми TDA1085 (рис. 2.6). Він включає в себе всі необхідні керуючі вузли і елементи, що забезпечують функціонування електродвигуна в різних режимах його роботи (наприклад, в режимах розгону і стабілізації обраної швидкості обертання). Підключення до пристрою управління повинно виконуватися за допомогою стандартного інтерфейсу 0 – 10 В. Контролер керується за допомогою напруги від програмованого логічного контролеру.



Рисунок 2.6 – Схема регулятора обертів на базі мікросхеми TDA1085

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики регулятора обертів на базі мікросхеми TDA1085

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Мікросхема
2	Напруга живлення, В	15
3	Максимальний струм на виводах, мА	35
5	Максимальна розсіювальна потужність, Вт	1
6	Робоча температура кристалу, °С	від -10 до +120
7	Діапазон швидкостей обертів двигуна, об/хв	від 0 до 15 000
8	Конвертор частоти обертів в напругу, мВ на 1 об/хв	8

Принципова схема підключення мікросхеми (рис. 2.7) була взята з офіційного сайту розробника. Вона повинна бути зібрана і закріплена у спеціальний корпус.

уставки швидкості включає в себе Speed+, Speed- та SpeedValue відповідають 5, 8 та 4 виходам відповідно.

У відповідності вимогам до системи управління швидкістю барабану сушильної машини, у якості пристрою управління повинен використовуватися програмований логічний контролер компанії ОВЕН. Цикл роботи контролера повинен тривати не більше 100 мс, для забезпечення реакції на розгін та поточну швидкість обертів. Крім того контролер повинен мати не менше 1 Кбайта вільної робочої пам'яті для реалізації програми управління.

Так як в структуру системи управління входить підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора, яка відповідно до вимогами до системи повинна бути реалізована на базі персонального комп'ютера, контролер повинен володіти Ethernet інтерфейсом.

Висунутим вимогам задовольняє програмований логічний контролер компанії ОВЕН ПЛК160. Даний контролер має час арифметичної операції над речовим числом 10 мс, обсяг пам'яті програм 8 Мб і обсяг робочої пам'яті 1 Мб (рис. 2.9). Технічні характеристики контролера наведені в табл. 2.7.



Рисунок 2.9 – Програмований логічний контролер ПЛК160

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру ПЛК160

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	ПЛК160 – 220.А.М
2	Пам'ять, МБ	8
3	Робоча пам'ять, МБ	1
4	Швидкість виконання однієї команди, мс	10
5	Кількість релейних входних каналів	20
6	Кількість релейних вихідних каналів	12

Продовження таблиці 2.7

7	Кількість аналогових входів	8
8	Кількість аналогових виходів	4
9	Ethernet інтерфейс	є
10	Напруга живлення, В	від 90 до 264
11	Споживана потужність, Вт	не більше 40

Для підключення до програмованого логічного контролеру частоти обертів необхідно завести на аналоговий вхід виводи з мікросхеми TDA1085, яка перетворює імпульси на відповідну напругу.

Схема підключення датчика швидкості обертів (рис. 2.10) показує зв'язок пристрою управління та виконавчого органу, а саме електродвигуна.

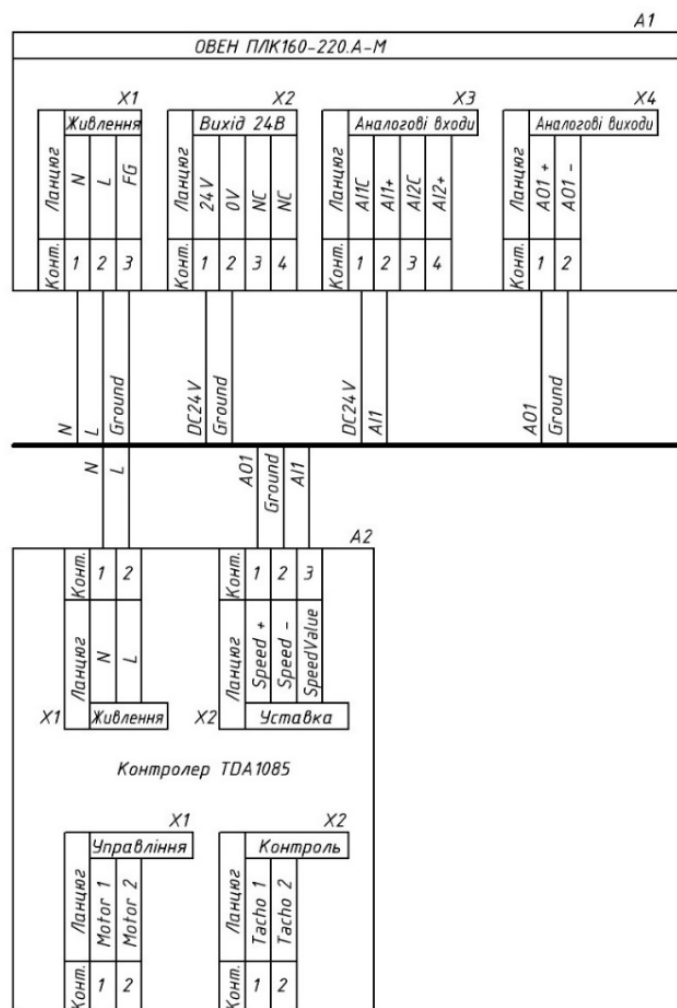


Рисунок 2.10 – Схема підключення контролера частоти обертів двигуна до програмованого логічного контролера ПЛК160

Відповідно до вимог до системи управління підсистема інформаційного забезпечення роботи оператора повинна візуалізувати технологічний процес на підставі даних одержуваних від програмованого логічного контролера. підсистема інформаційного забезпечення буде реалізована на базі персонального комп'ютера, а зв'язок з програмованим логічним контролером за допомогою інтерфейсу Ethernet. Схема підключення персонального комп'ютера до програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК160 приведена на рис. 2.11.

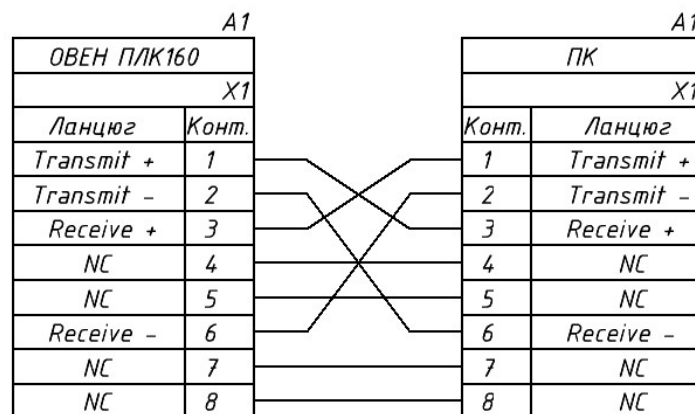


Рисунок 2.11 – Схема підключення персонального комп'ютера до програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК160

2.3.4 Вибір пульта оператора

В якості пульта оператора буде використано персональний комп'ютер, який знаходиться у спеціальному приміщенні. Він дозволяє реалізовувати на одному пристрої майже усі функції наведені на структурній схемі інформаційних потоків. Оператор контролює весь процес за допомогою безкоштовного середовища програмування CoDeSys v2.3 від компанії ОВЕН. Середовище програмування інстальоване на персональний комп'ютер з операційною системою, бажано Windows XP та вище.

2.3.5 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер ПЛК160 – 220.А.М та додаткове обладнання мають напругу живлення 220 В, 40 Вт. Драйвер для регулювання швидкості обертів має напругу живлення 15 В, 1 Вт. Тоді загальна споживана потужність:

$$P = 40 + 1 = 41 \text{ Вт.}$$

Виходячи з цього, у якості джерела постійної напруги достатньо використовувати загально промислову мережу живлення 220 В. У відповідності до вимог технічних засобів та вимог безпеки необхідно встановити автоматичний вимикач, який забезпечить захист при перевантаженнях, а також струмах короткого замикання.

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

На підставі вимог до системи управління швидкістю обертів електродвигуна сушильної машини і вибраного обладнання розроблена функціональна схема автоматизації, наведена на рис. 2.12.

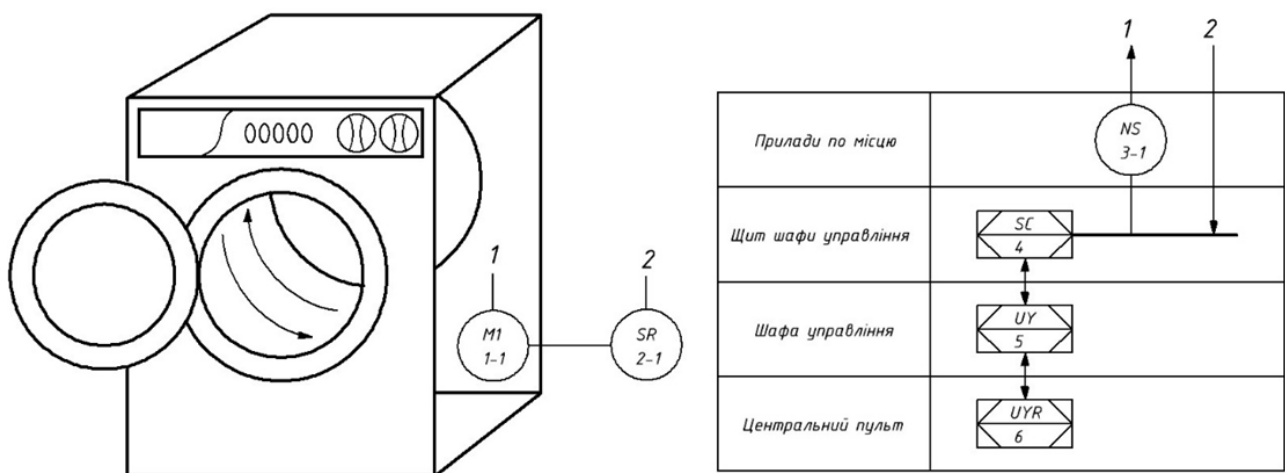


Рисунок 2.12 – Функціональна схема автоматизації системи управління

В якості пристрою управління використовується програмований логічний контролер (UY 5 – ОВЕН ПЛК160-220.А.М). Дані програмованого логічного контролеру про поточний стан технологічного процесу візуалізується на пульт оператора (UYR 6 – Персональний комп'ютер).

Частоту обертів електродвигуна вимірює цифровий тахометр, працюючий на принципі ефекту Хола (SR 2-1). Імпульси, які генерує тахометр, подаються на контролер частоти обертів на базі мікросхеми TDA1085 (SC 4). Цей контролер на основі даних, які він отримує з ПЛК подає керуючі імпульси на колекторний електродвигун (M1 1-1).

Для реалізації реверсного обертання барабану сушильної машини використовується магнітний пускач (NS 3-1 – Пускач магнітний ПМЛю-1-18 АСЗ 1NC).

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На базі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи управління частотою обертів барабану сушильної машини (рис. 2.13).

Система управління живиться за допомогою загальнопромислової мережі ~220В, 50 Гц. Живлення подається через автоматичний вимикач (QF1) за вимогами техніки безпеки. Параметри функціонування системи управління можуть бути задані за допомогою персонального комп'ютера (А2), який виконує функцію пульта оператора. Зв'язок між програмованим логічним контролером (А1) і персональним комп'ютером (А2) реалізована за допомогою інтерфейсу Ethernet.

Частота обертів сушильного барабану вимірюється за допомогою таходатчика на електродвигуні (М1). Він формує 4 імпульси на 1 оберт валу електродвигуна номіналом до 15 В. Ці імпульси подаються на контролер частоти обертів на базу мікросхеми TDA1085 (А3).

Контроль закритих дверей барабану забезпечується за допомогою замка (М2) і проміжного реле (К2), яке замикає контакт на вході (К2.1).

Система починає працювати тільки при вмиканні машини, яке можна здійснити за допомогою кнопки (SB1). Також на ПЛК подаються такі сигнали як значення регулятора обертів на панелі сушильного барабану (R2). Воно з'єднане за допомогою баластного опору, яке формує номінальну напругу 0 – 10 В на аналоговому вході контролеру.

Також, за допомогою магнітного пускача (К1), який підключений до ПЛК (А1) можна здійснити реверсивне обертання барабану. Воно реалізовано за допомогою зміни контактів (К1.1, К1.2, К1.3, К1.4) живлення, які подаються на статор електродвигуна.

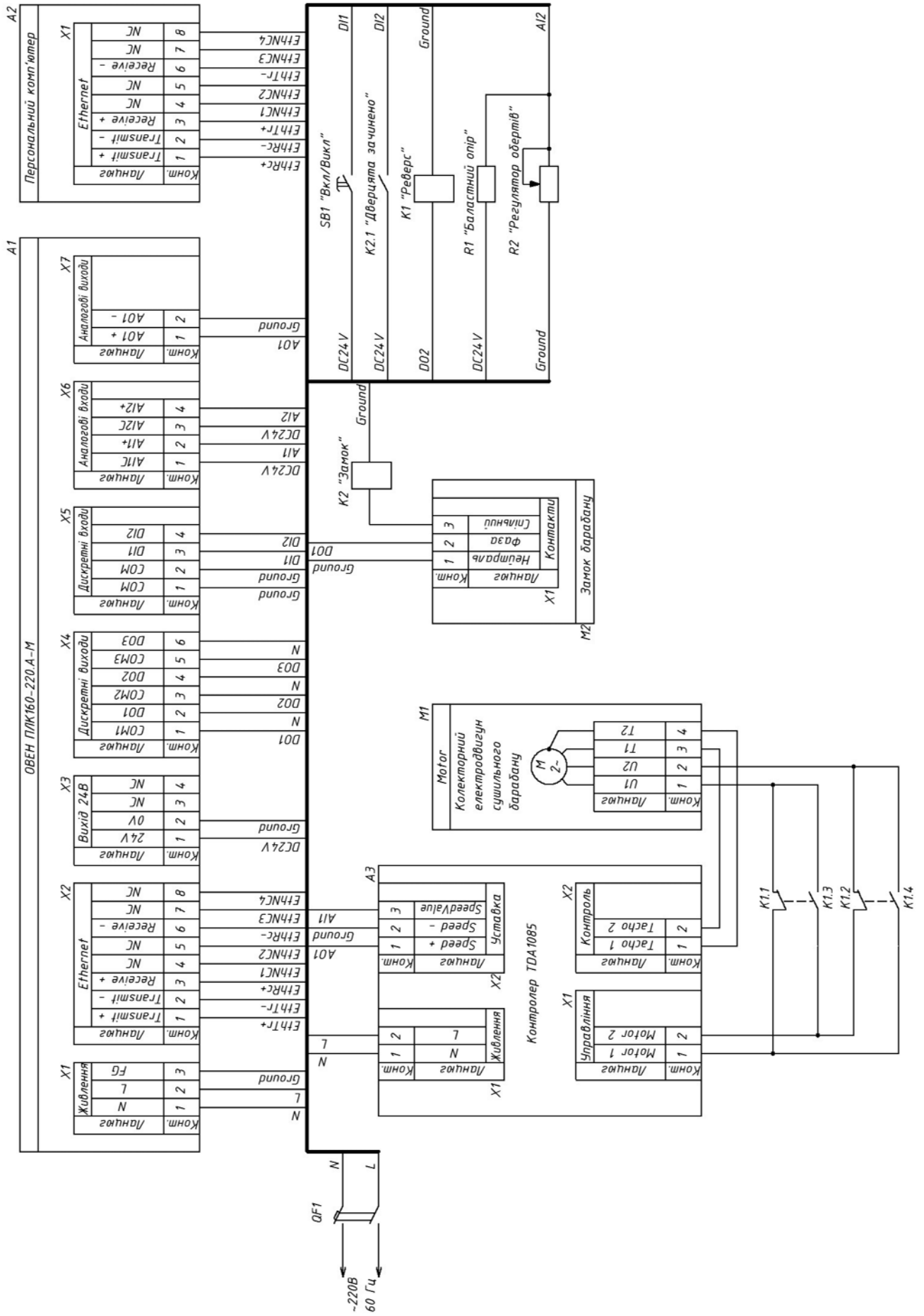


Рисунок 2.13 – Схема електрична принципова системи управління

2.6 Висновки по розділу

У якості об'єкта управління виступає підсистема обертанням барабану для промислової сушильної машини.

У цьому розділі обрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми управління, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми управління.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження об'єкту управління складається з програмованого логічного контролера ПЛК160, середовища програмування CoDeSys v2.3 від компанії ОВЕН та об'єкту управління (рис. 3.1). Середовище програмування інстальовано на персональний комп'ютер, який з'єднаний з ПЛК за допомогою інтерфейсу Ethernet. Така система дозволяє формувати керуючі впливи, реєструвати значення на вході і виході системи, відображати дані у реальному часі на візуальний інтерфейс, а також зберігати отримані дані у файл для подальшої обробки.

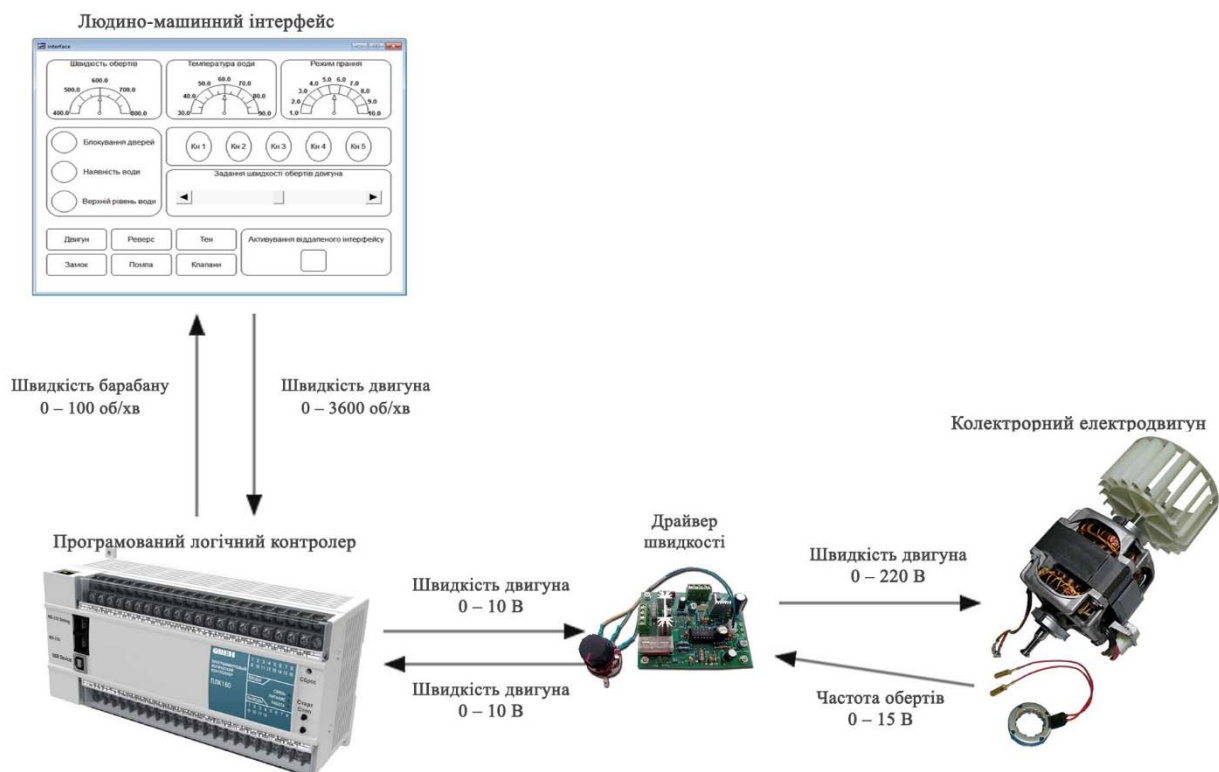


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Завдання дослідження полягає у автоматичному керуванні швидкістю обертів барабану сушильної машини. Для проведення ідентифікації необхідно провести ряд активних експериментів для отримання потрібних характеристик. Для визначення швидкості барабану сушильної машини використовується

тахометр, який закріплений на електродвигуні і входить до складу сушильної машини при покупці. Він працює на принципі ефекту Хола і генерує 4 імпульси на 1 оберт. Ці імпульси подаються на спеціальний драйвер, який перетворює їх в напругу значенням 8 мВ на 1 об/хв. В якості пристрою управління виступає програмований логічний контролер ПЛК160 фірми ОВЕН та колекторний електродвигун самої сушильної машини зі швидкістю 0 – 3600 об/хв.

Керуючий вплив для об'єкта управління формується за допомогою ПЛК160, який передає його на драйвер швидкості двигуна, який в свою чергу формує керуючу напругу для двигуна. Дійсне значення швидкості передається на програмований логічний контролер, котрий за допомогою перетворювача обробляє отриману інформацію та передає її на людино-машинний інтерфейс. Данна структурна схема задовольняє вимогам для проведення експерименту, за результатами якого буде проводитись параметрична та структурна ідентифікація об'єкта управління у пакеті програм MATLAB. Результатом ідентифікації буде отримана математична модель об'єкта.

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління

Для дослідження об'єкту було використано фізичну модель об'єкта, який розробляється як стенд для досліджень. Завдяки фізичній моделі є можливість керування об'єктом та зняття його характеристик. Виходячи з цього буде проведений активний експеримент.

Для ідентифікації об'єкту управління потрібно отримати динамічну, статичну та П-образну характеристику. П-образний вплив призначений для оцінки наявності у об'єкта управління інтегруючих властивостей і перевірки об'єкта на симетричність. Воно формується шляхом ступінчастої зміни керуючого впливу від першого значення до другого, частіше нульового. Основним завдання системи що розробляється є енергоефективний розгін двигуна, а також підтримання постійної швидкості. Формування керуючих впливів та реєстрування даних буде виконано програмованим логічним контролером з подальшою передачею результатів до середовища програмування CoDeSys v2.3.

Виходячи з цього, план експерименту буде наступним:

- 1) Налаштування системи.
- 2) Зняття даних для побудови динамічної характеристики:
 - 2.1) Встановити початкові параметри системи: швидкість двигуна 0 об/хв;
 - 2.2) Запустити процес реєстрації даних;
 - 2.3) Подати керуючий вплив, який відповідає швидкості двигуна 3600 об/хв. Дочекатися досягнення усталеного режиму системи;
 - 2.4) Зупинити двигун;
 - 2.5) Зупинити процес реєстрації даних.
- 3) Зняття даних для побудови статичної характеристики:
 - 3.1) Встановити початкові параметри системи: швидкість двигуна 0 об/хв;
 - 3.2) Запустити процес реєстрації даних;
 - 3.3) Послідовно подавати керуючий вплив, який відповідає швидкості двигуна: 900 об/хв, 1 800 об/хв, 2 700 об/хв, 3 600 об/хв;
 - 3.4) Зупинити двигун;
 - 3.5) Зупинити процес реєстрації даних.
- 4) Отримання характеристики при П-образному впливі:
 - 4.1) Встановити початкові параметри системи: швидкість двигуна 0 об/хв;
 - 4.2) Запустити процес реєстрації даних;
 - 4.3) Подати керуючий вплив, який відповідає швидкості двигуна 3600 об/хв. Дочекатися досягнення усталеного режиму. Подати керуючий вплив, який відповідає швидкості 0 об/хв;
 - 4.4) Зупинити двигун;
 - 4.5) Зупинити процес реєстрації даних.
- 5) Зняття перевірочних даних:

- 5.1) Встановити початкові параметри системи: швидкість двигуна 0 об/хв;
- 5.2) Запустити процес реєстрації;
- 5.3) Запустити режим роботи системи на відпрацювання заданої програмою тахограми;
- 5.4) Зупинити двигун;
- 5.5) Зупинити процес реєстрації.

3.3 Виконання експерименту

На першому етапі проведення експерименту було виконано перевірку системи на працездатність та забезпечення виконання всіх правил техніки безпеки.

Наступним кроком в отриманні моделі об'єкта управління було отримання динамічної характеристики (рис. 3.2). Двигун сушильної машини було вимкнено, тому швидкість дорівнює 0 об/хв. Далі за допомогою програмованого логічного контролеру на вхід двигуна було подано керуючий вплив (рис. 3.3) який відповідає значенню швидкості 3 600 об/хв. Після встановлення усталеного режиму і отримання даних двигун було вимкнено. Зняту характеристику було отримано за допомогою елемента «Тренд» середовища програмування CoDeSys v2.3. Він не тільки відображає поточні вхідні та вихідні значення але й записує їх у файл. Данні з цього файлу будуть використані при обробці і побудови моделі об'єкта управління.

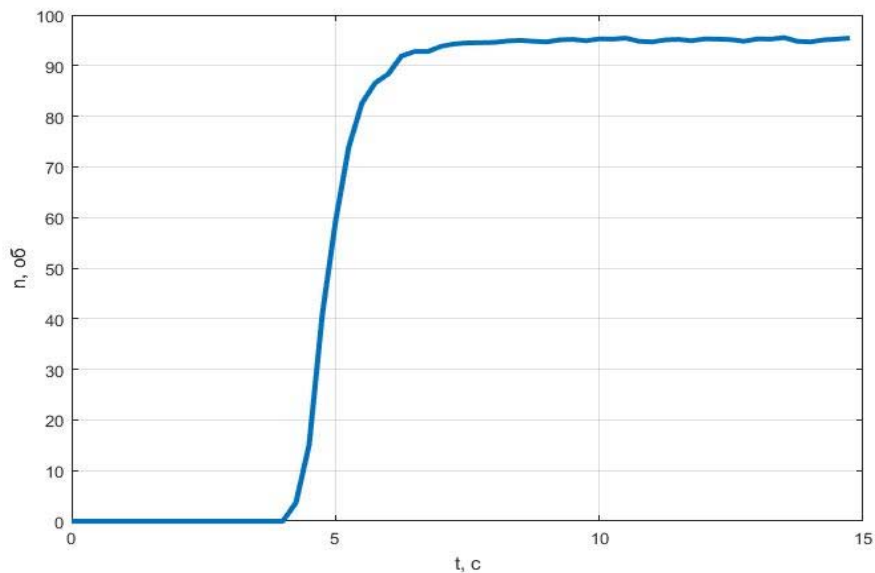


Рисунок 3.2 – Динамічна характеристика розгону барабану

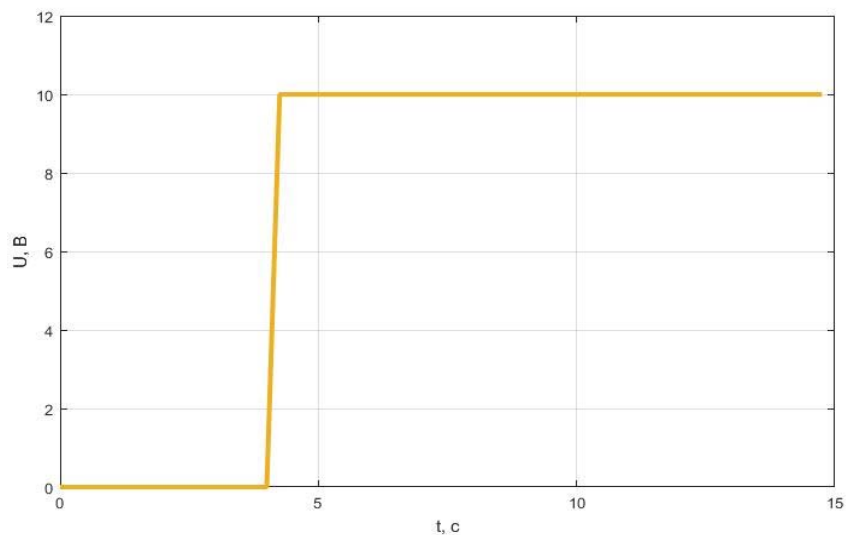


Рисунок 3.3 – Керуючий вплив, поданий при знятті динамічної характеристики

На наступному етапі було отримано статичну характеристику об'єкта (рис. 3.4). На початку дослідження двигун було вимкнено. Для отримання характеристики послідовно було подано керуючі впливи (рис. 3.5), які відповідають швидкості двигуна: 900 об/хв, 1 800 об/хв, 2 700 об/хв, 3 600 об/хв. Після отримання даних, двигун було вимкнено.

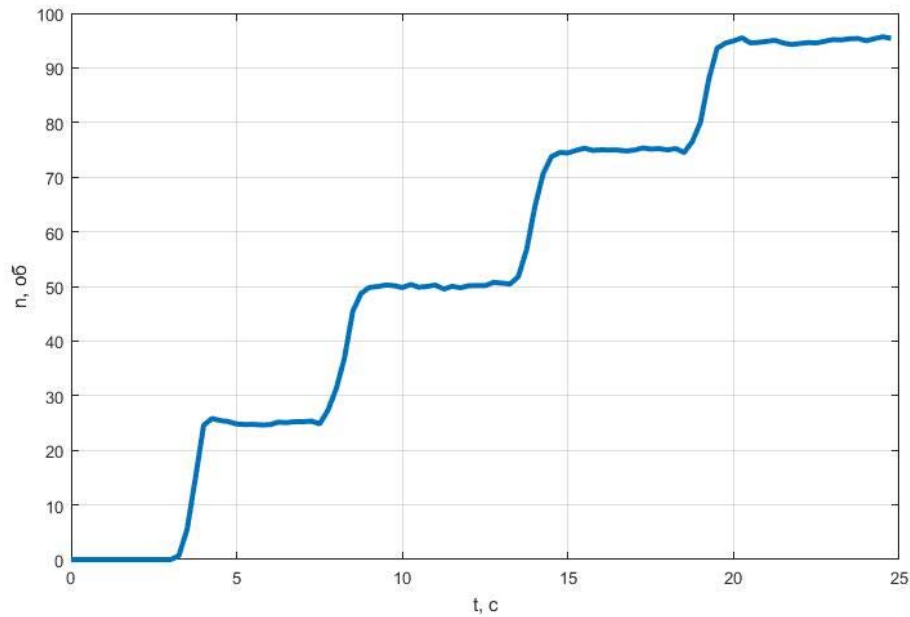


Рисунок 3.4 – Статична характеристика обертання барабану

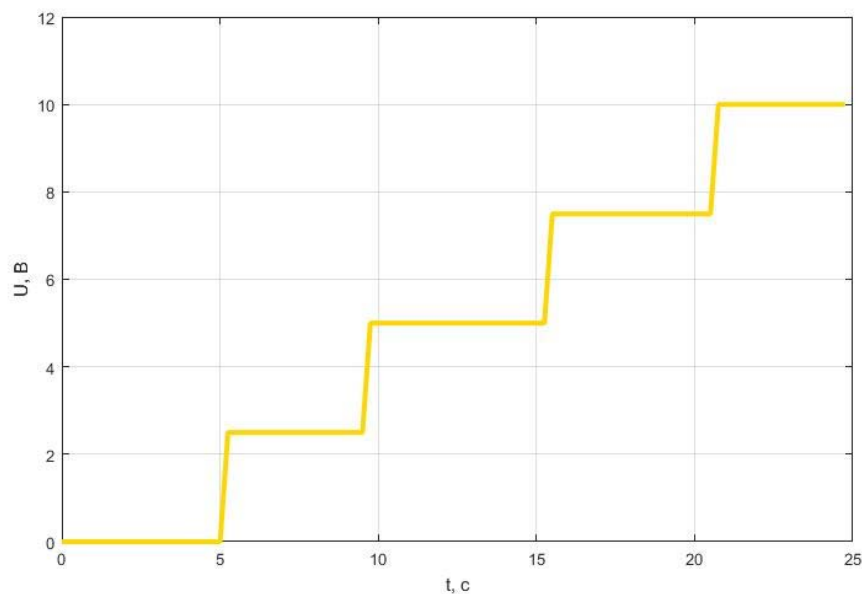


Рисунок 3.5 – Керуючі впливи при отриманні статичної характеристики

Останнім кроком було отримання П-образної характеристики (рис. 3.6). Мінімальне значення керуючого впливу 0 В, а максимальне – 10 В. Тому керуючий вплив (рис.3.7) буде дорівнювати 0 об/хв двигуна, потім 3 600 об/хв, а після досягнення усталеного режиму знову мінімум.

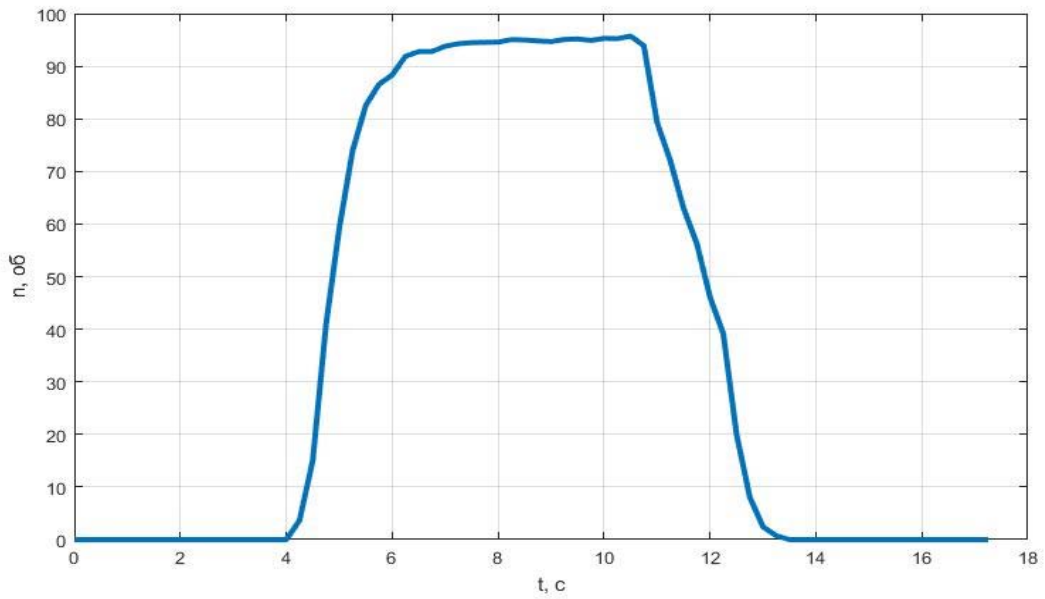


Рисунок 3.6 – П-образний вплив

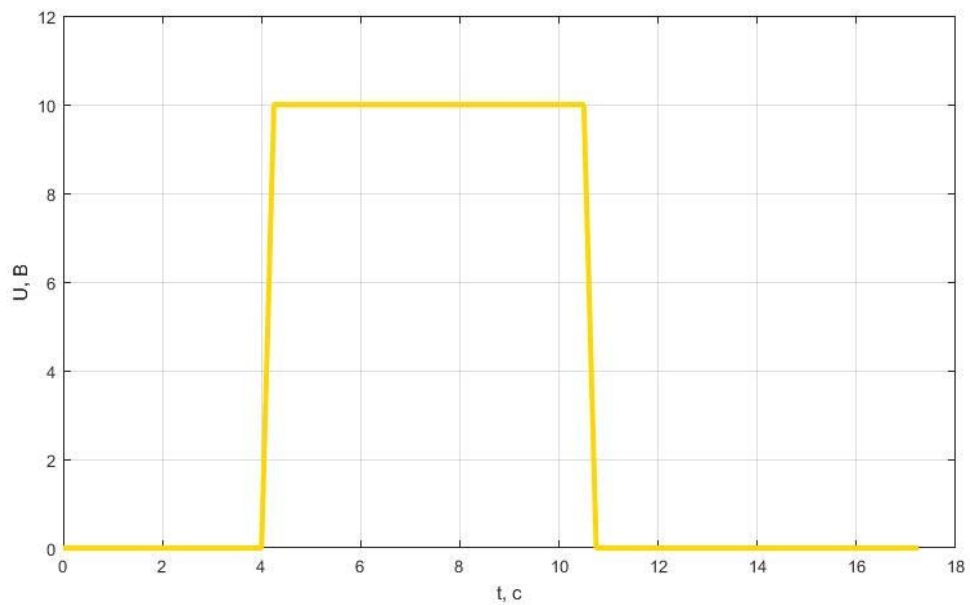


Рисунок 3.7 – Керуючий вплив при отриманні П-образної характеристики

Останнім кроком було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.8). За для цього було використано програму яка задавала тахограму , яку об'єкт повинен виконати. Вхідний вплив зображений на рис. 3.9.

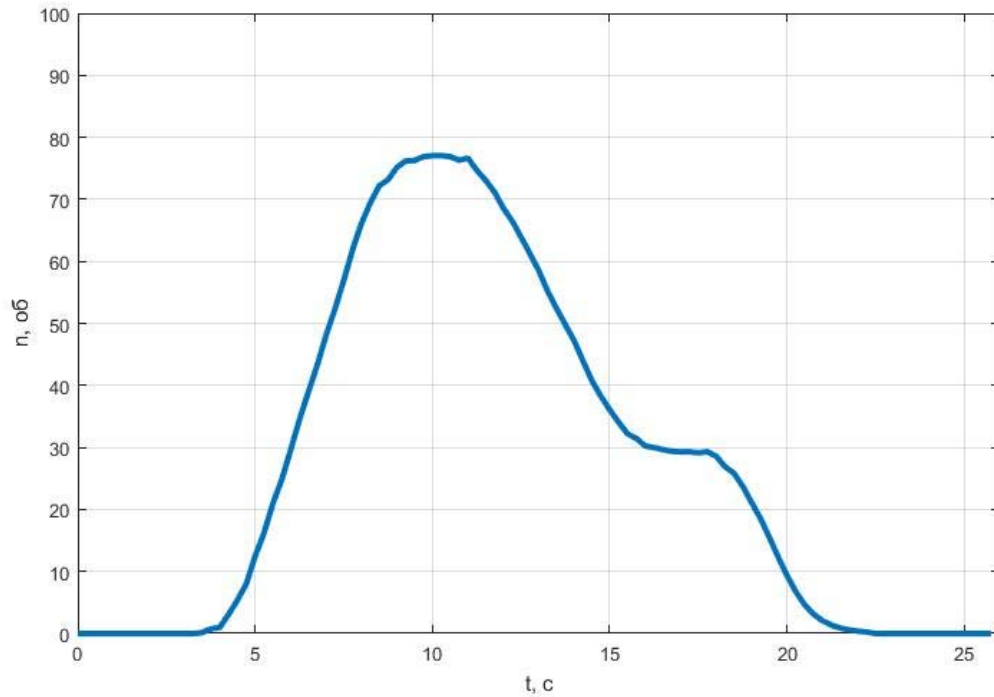


Рисунок 3.8 – Перевірочні дані

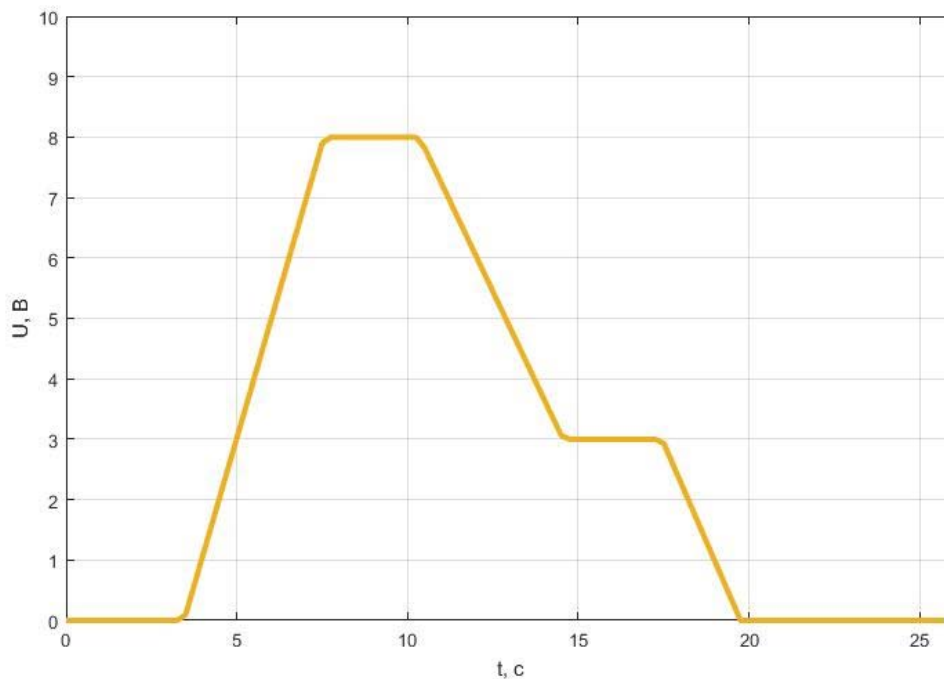


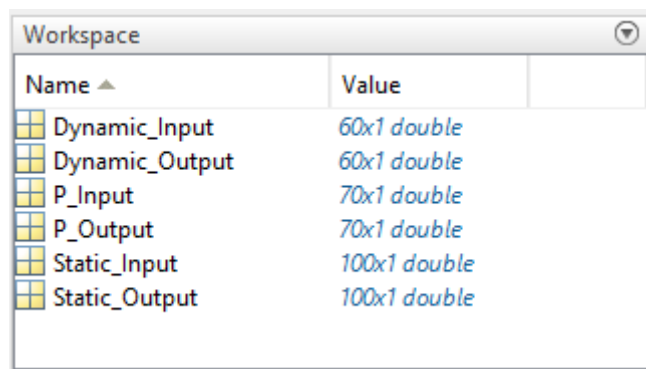
Рисунок 3.9 – Задана тахограма керуючого впливу

У результаті виконання плану експерименту було виконано дослідження об'єкту управління. Результатом дослідження стали отримані динамічні, статичні, П-образні, а також перевірочні характеристики.

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Дані які були отримані під час експерименту за допомогою середовища програмування CoDeSys v2.3 були записані у вигляді текстових файлів, тому для подальшого аналізу отриманих результатів вони були імпортовані до пакета програм MATLAB (рис. 3.8). Для аналізу даних, характеристикам були присвоєні наступні імена: “Dynamic_Output”, “Dynamic_Input” – дані для побудови динамічної характеристики, “Static_Output”, “Static_Input” – дані для побудови статичної характеристики, “P_Output”, “P_Input” – дані для побудови П-образної характеристики, “Check_Output”, “Check_Input” – дані для побудови П-образної характеристики. Префікси “_Input” та “_Output” означають керуючий вплив та дійсні значення відповідно.



Name	Value
Dynamic_Input	60x1 double
Dynamic_Output	60x1 double
P_Input	70x1 double
P_Output	70x1 double
Static_Input	100x1 double
Static_Output	100x1 double

Рисунок 3.8 – Дані, імпортовані до пакету MATLAB

Для спрощення аналізу результатів експерименту, дані було конвертовано до типу “iddata”. Даний тип даних об’єднує у собі значення керуючого впливу, дійсні значення і крок квантування по часу. У зв’язку з тим, що програма при досліді робила запис кожну $\frac{1}{4}$ секунди, крок квантування по часу необхідно встановити 0.25. Для виконання перетворення усіх даних необхідно виконати наступну послідовність команд (рис. 3.9).

```

Command Window
Trial>> Dynamic_Raw = iddata(Dynamic_Output, Dynamic_Input, 0.25);
Trial>> Static_Raw = iddata(Static_Output, Static_Input, 0.25);
Trial>> P_Raw = iddata(P_Output, P_Input, 0.25);
fx Trial>> Check_Raw = iddata(Check_Output, Check_Input, 0.25);

```

Рисунок 3.9 – Конвертування даних до типу iddata

В результаті аналізу було виявлено, що отримані дійсні значення не мають статичного здвигу. Тому на цьому підготовка даних закінчується.

3.4.2 Структурна ідентифікація

Структурна ідентифікація починається з аналізу динамічної характеристики (рис. 3.10). При подачі керуючого сигналу швидкість обертання барабану одразу починає збільшуватись, тому можна зробити висновок, що об'єкт управління не має запізнення.

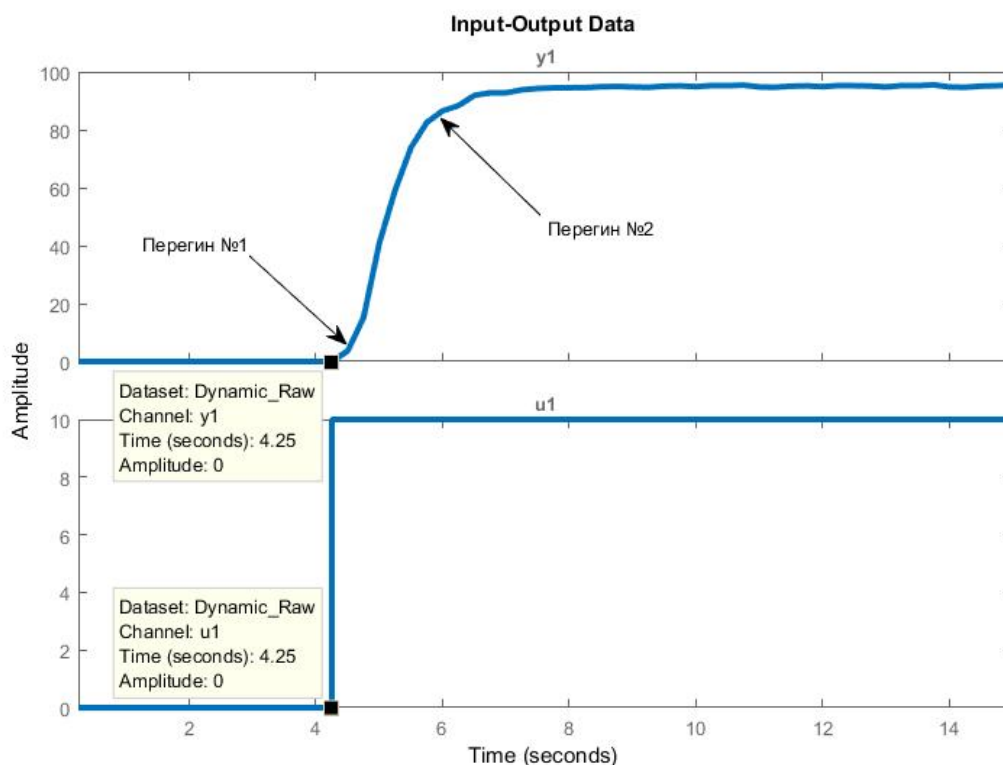


Рисунок 3.10 – Динамічна характеристика

На динамічній характеристиці явно виражені два перегини. На підставі цього, можна зробити висновок, що об'єкт має два явно виражених кореня. Отже,

модель об'єкта управління може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого або більш високого порядку.

Далі проаналізуємо характеристику, отриману за допомогою П-образного керуючого впливу (рис. 3.11).

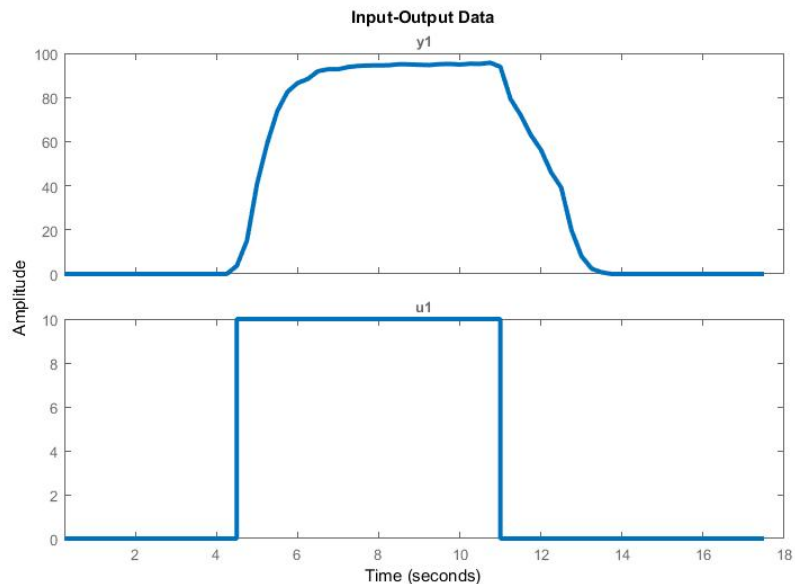


Рисунок 3.11 – Характеристика об'єкту при П-образному впливі

Зміна керуючого впливу від 0 В до 10 В призводить до збільшення дійсного значення, а зміна керуючого впливу від 10 до 0 призводить, навпаки, до зменшення дійсного значення. На підставі цього можна зробити висновок, що об'єкт є самовирівнюючим і не володіє інтегруючими властивостями.

Для аналізу статичної характеристики необхідно отримати дійсні значення при відповідних значеннях керуючих впливів (рис. 3.12). У відповідності до отриманих значень зобразимо графік залежності дійсного значення від керуючого (рис. 3.13).

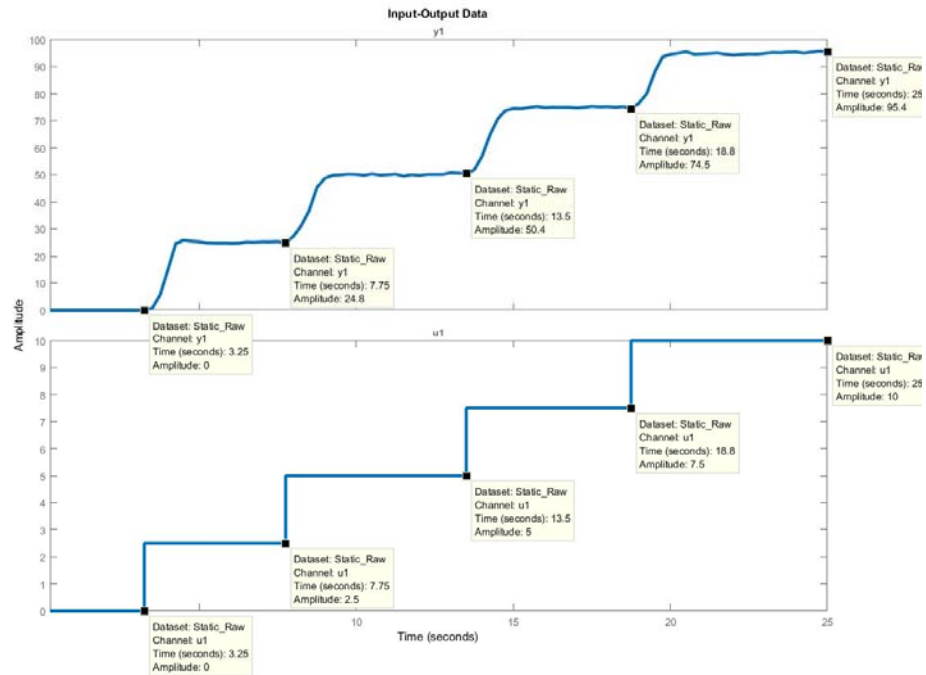


Рисунок 3.12 – Дані для побудови статичної характеристики

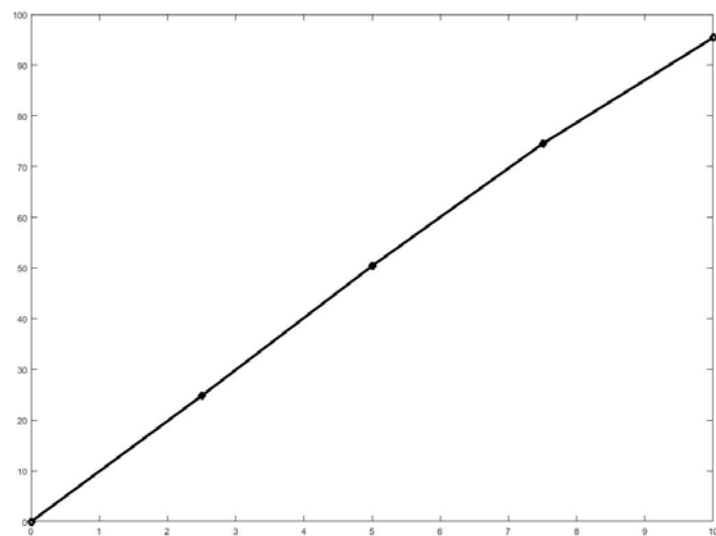


Рисунок 3.13 – Статистична характеристика

Статистична характеристика об'єкта управління є лінійною, тому можна зробити висновок, що об'єкт управління так само є лінійним на всьому діапазоні керуючого впливу.

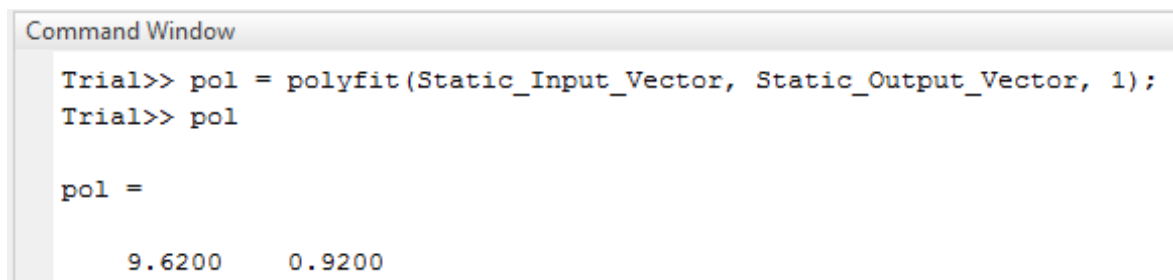
За результатами проведеного аналізу експериментальних даних можна зробити висновок, що об'єкт управління може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки другого порядку:

$$W(s) = \frac{K}{(T_1s+1)(T_2s+1)} \quad (3.1)$$

- де $W(s)$ – передаточна функція;
K – коефіцієнт посилення;
 T_1 – перша постійна часу (с);
 T_2 – друга постійна часу (с).

3.4.3 Параметрична ідентифікація

Спочатку необхідно визначити коефіцієнт посилення (K) об'єкту управління. Для цього використаємо функцію математичного пакету MATLAB, яка розраховує коефіцієнти поліному N-го порядку (рис. 3.14).



```
Command Window
Trial>> pol = polyfit(Static_Input_Vector, Static_Output_Vector, 1);
Trial>> pol

pol =

    9.6200    0.9200
```

Рисунок 3.14 – Визначення коефіцієнту посилення моделі

Перший коефіцієнт полінома відповідає коефіцієнту посилення 9.6200. Другий коефіцієнт відповідає зсуву щодо початку координат.

Подальша ідентифікація об'єкта управління буде проводитись в програмному забезпеченні “System Identification Toolbox” (рис. 3.14). Процес параметричної ідентифікації буде відбуватися за допомогою динамічної характеристики об'єкту управління та перевірочних даних.

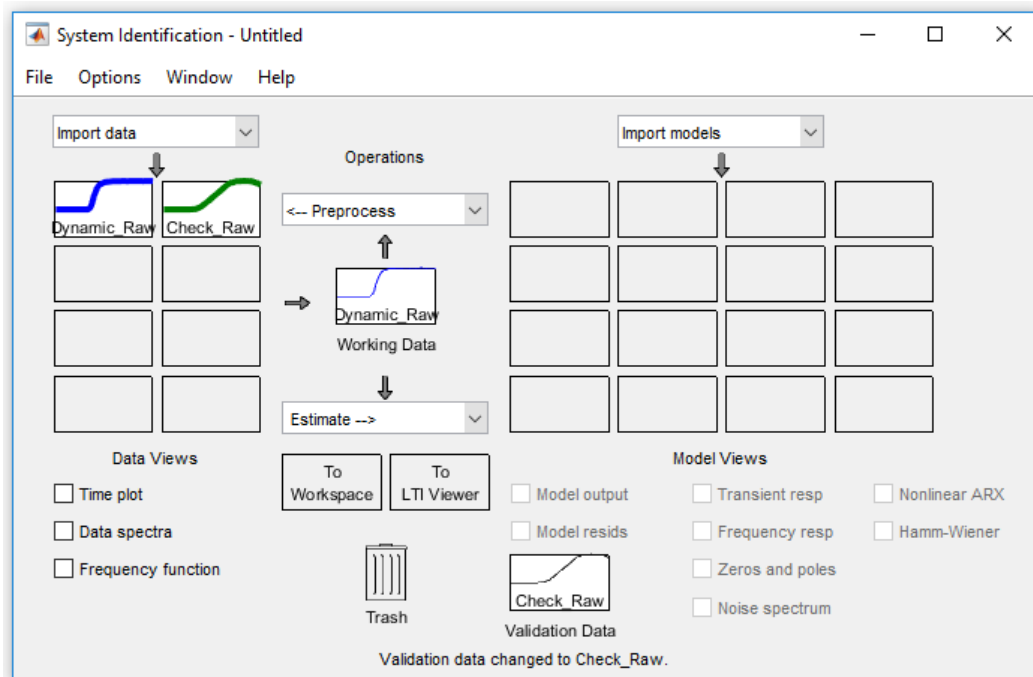


Рисунок 3.14 – Налаштування System Identification Toolbox

Подальша параметрична ідентифікація буде проводитись по передаточній функції за допомогою програмного методу “Process models”. При структурній ідентифікації було виявлено, що об’єкт управління може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки першого порядку. Налаштування параметрів для ідентифікації наведені на рисунку 3.15.

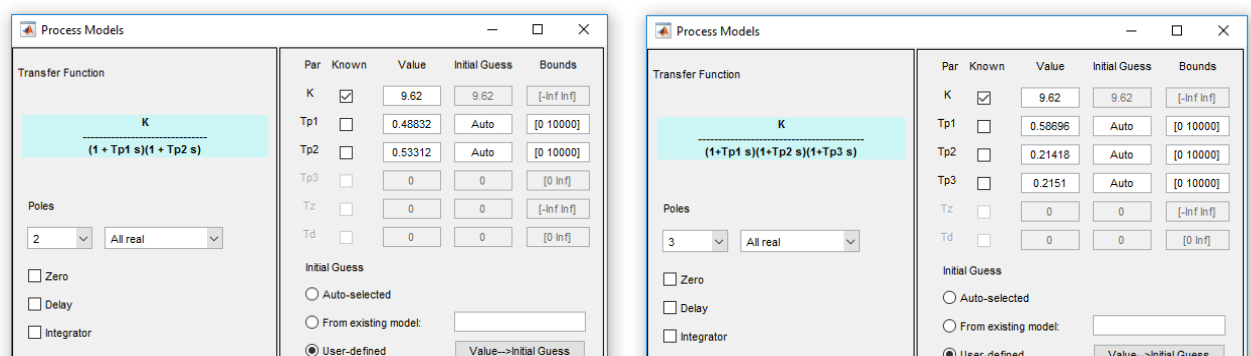


Рисунок 3.15 – Налаштування параметрів ідентифікації

Відповідно до отриманих результатів розрахунків модель аперіодичної ланки третього порядку більше відповідає необхідним параметрам ніж модель аперіодичної ланки другого порядку. Отже, можна зробити висновок що об’єкту управління відповідає аперіодична ланка третього порядку. Результати

перевірки розрахунків параметрів моделі наведені на рисунку 3.16. Як видно із результатів параметри моделі M2 і M3 дуже близькі та задовольняють вимогам технологічної точності в 10%.

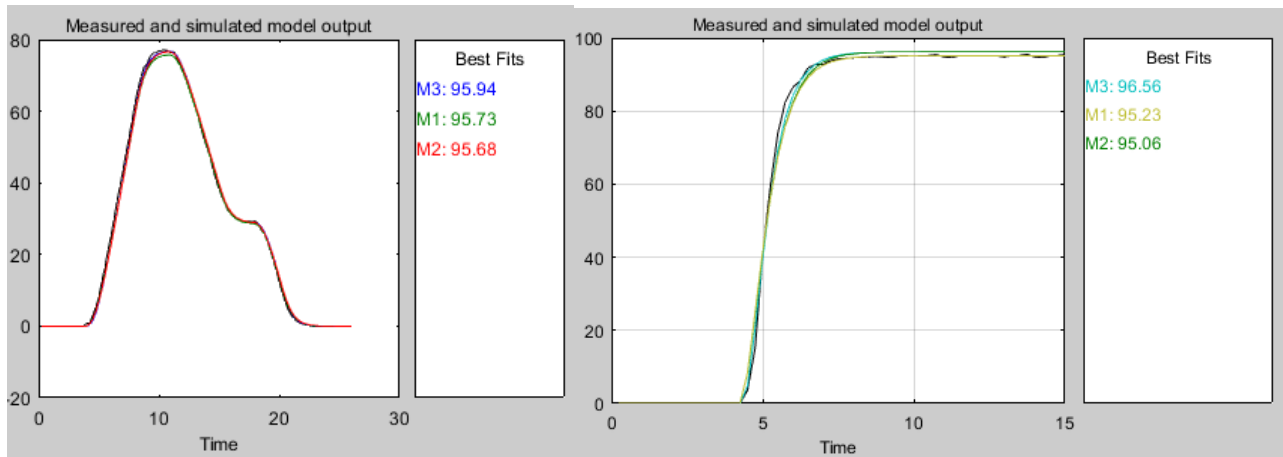


Рисунок 3.16 – Перевірка результатів розрахунків

На підставі проведених досліджень отримана модель об'єкта управління у вигляді наступної передаточної функції (3.2). Всі результати досліджень занесені до табл. 3.1.

$$W(s) = \frac{9.62}{(0.59s + 1)(0.21s + 1)(0.21s + 1)}$$

Таблиця 3.1 – Таблиця результатів розрахунків параметрів об'єкта управління

Назва параметру	M1	M2	M3
K	9.5007	9.62	9.62
T1, с	0.48723	0.48832	0.58696
T2, с	0.5727	0.53312	0.21418
T3, с	0	0	0.2151
Динаміс – Динамічна характеристика			
NRMSE, %	96.56	95.23	95.06
FPE	4.65	4.825	2.417
MSE	4.207	4.514	2.187
Check – Перевірочні дані			
NRMSE, %	95.94	95.73	95.68

3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink

За результатами розрахованих параметрів об'єкта управління та проведеної ідентифікації була розроблена математична модель об'єкта у вигляді

передаточної функції в графічному середовищі моделювання Simulink пакету MATLAB (рис. 3.17).

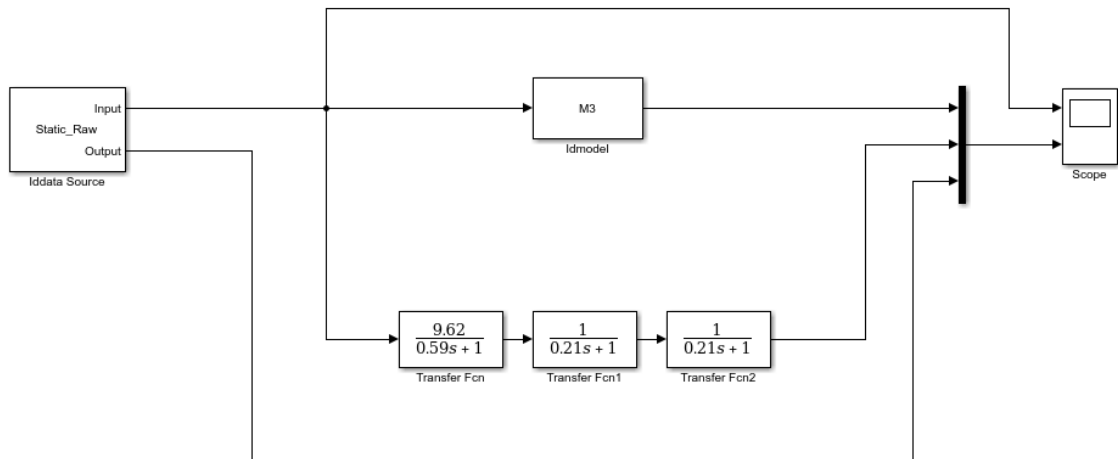


Рисунок 3.17 – Модель об'єкту управління в середовищі Simulink

Як видно із результатів моделювання (рис. 3.18) отримана модель об'єкту управління у вигляді аперіодичної ланки третього порядку майже не відрізняється від моделі отриманої в програмному забезпеченні “System Identification Toolbox”. Виходячи з цього можна зробити висновок, що отримана модель може бути використана в подальших дослідженнях.

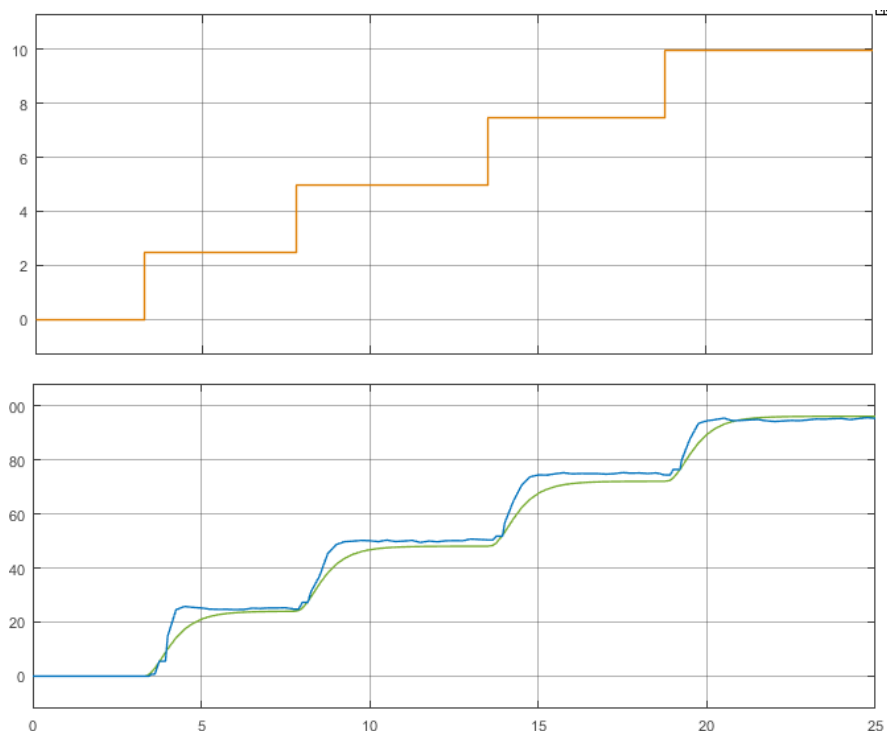


Рисунок 3.18 – Результат моделювання об'єкту управління

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

За результатами моделювання та перевірочних даних виконано перевірку моделі об'єкта управління на адекватність за методом нормованого середньо квадратичного відхилення (рис. 3.19). Для цього використаємо функцію `goodnessOfFit` пакету MATLAB.

```
Trial>> nrmse = goodnessOfFit(Model, Object, 'NRMSE') * 100.0;
Trial>> nrmse

nrmse =

    95.9400

Trial>> |
```

Рисунок 3.19 – Оцінка відповідності моделі по нормованому середньоквадратичному відхиленню

Модель об'єкта управління відповідає перевірочним даними на 95.94%. Виходячи з цього, модель є адекватною і може бути використаня для моделювання об'єкта управління і системи управління в цілому.

Кінцева модель об'єкта управління наведена на рис. 3.20, а результати її моделювання на рис. 3.21.

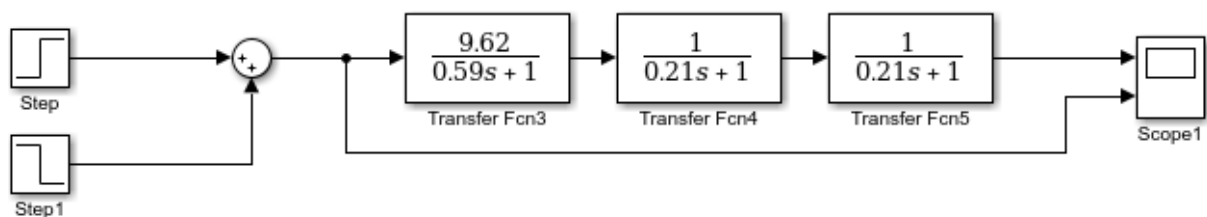


Рисунок 3.20 – Модель об'єкта управління

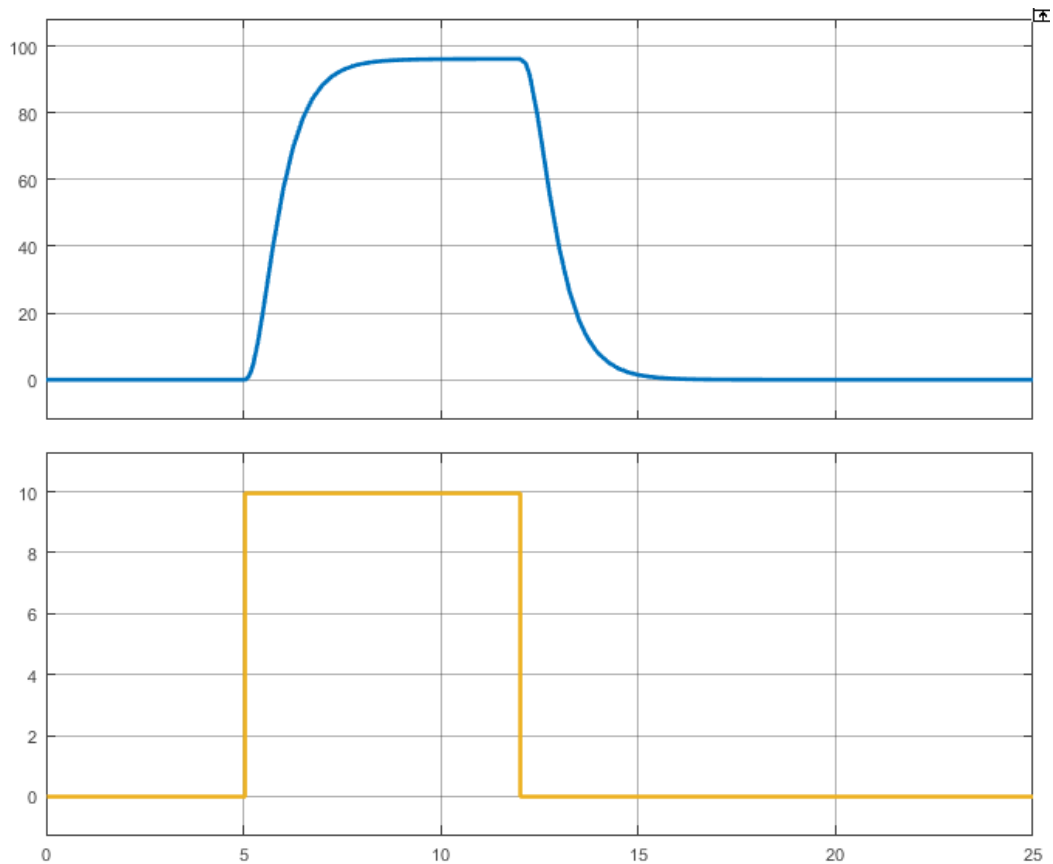


Рисунок 3.21 – Результати моделювання

3.5 Висновки по розділу

В процесі виконання кваліфікаційної роботи виконано дослідження об'єкта управління.

В результаті структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт управління може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки третього порядку.

На підставі передавальної функції розроблена модель об'єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об'єкта відповідає перевірочним даними на 98.5%. Виходячи з цього, модель є адекватною і може бути використаня для моделювання об'єкта управління і системи управління в цілому.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок капітальних витрат

Для ефективного сушіння білизни в сушильному барабані необхідно забезпечити постійне обертання барабану. Обертання в різні сторони через визначені інтервали часу, а також обертання періодами в кінці робочого циклу забезпечує більш ефективне сушіння білизни, зменшує їх заплутаність та розгладжує одяг. Саме тому процес ефективного управління обертами і швидкістю розгону двигуна забезпечує не тільки кращий одяг для споживача, а й економічну вигоду з даного процесу.

Впровадження системи управління обертами сушильної машини призводить до максимально енергоефективної експлуатації сушильної машини. Система, налаштована на мінімальні енергозатрати при розгоні барабану, дає можливість організувати реверсивне обертання, обертання періодами і обертання в ручному режимі за допомогою інтерфейсу або регулятора. Це відкриває більші можливості для сушильних машин, які не володіють даними функціями, забезпечуючи їм подальшу експлуатацію та конкурентну спроможність на ринку інших сушильних машин.

Проектні капіталовкладення в обладнання та монтажні роботи визначаються на основі цін і розцінок на поточний рік, наведених в прейскурантах магазинів або постачальників. Ціни на монтаж і налагодження електрообладнання визначалися на рівні 10% від їх вартості. Планові накоплення у розмірі 30% від вартості. Капітальні вкладення для забезпечення впровадження та функціонування системи управління наведені в табл. 4.1. Ціни наведені в гривнях з урахуванням ПДВ.

Таблиця 4.1 – Кошторис загальних витрат на впровадження системи

Назва приладу	Кількість, од.	Вартість, грн	Витрата на монтаж, грн	Первісна, грн
ПЛК160	1	11 478	1 148	12 626
Драйвер TDA1085	1	946	95	1 041
Магнітний пускач ПМЛ-1161	1	200	20	220
Всього		12 624	1 263	13 887

Капітальні витрати на автоматизацію процесу розраховується за формулою:

$$\Delta K_a = K_{об} + K_{мн}, \quad (4.1)$$

де ΔK_a – загальна сума капітальних витрат на систему автоматизації, грн;

$K_{об}$ – вартість придбаних приладів та обладнання, грн;

$K_{мн}$ – витрати на монтаж і налагодження системи, грн;

Розрахунок капітальних витрат на впровадження системи автоматизації по формулі (4.1):

$$\Delta K_a = 12\,624 + 1\,263 = 13\,887 \text{ грн}$$

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це витрати виробництва, пов'язані з підтриманням у працездатному стані використовуваних систем, машин та устаткування. До таких витрат відносяться:

- 1) Амортизаційні відрахування (V_a);
- 2) Заробітна плата обслуговуючого персоналу ($V_{зп}$);
- 3) Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання і мереж (V_t);
- 4) Вартість електроенергії, яку споживає об'єкт проектування (V_e);

Річні експлуатаційні витрати (E_p) об'єкта проектування розраховуються по наступній формулі:

$$E_p = V_a + V_{зп} + V_t + V_e, \text{ грн} \quad (4.2)$$

4.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація основних засобів – це процес перенесення авансової раніше вартості усіх видів засобів праці на вартість виготовлюваної продукції з метою її повного відшкодування.

Для відшкодування вартості зношеної частини основних фондів кожне підприємство справляє амортизаційні відрахунки, тобто певні суми грошей

відповідно до розмірів техніко – економічного старіння. Ці відрахування накопичують у спеціальному амортизаційному фонді, що слугує відновленню основних засобів.

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається як зворотна величина від часу експлуатації системи. Тому вона може бути знайдена за наступною формулою:

$$A = \frac{1}{T} \cdot 100\% \quad (4.2.1)$$

Так як, строк служби сушильної машини приблизно 10 років, а також строк служби програмованого логічного контролеру також до 10 років можемо розрахувати необхідний процент амортизації (А) наступним чином:

$$A = \frac{1}{10} \cdot 100\% = 10\%$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок експлуатаційних відрахувань

Капітальні витрати, грн	Норма амортизації, %	Відрахування, грн
17 577	10	1 757,70

Відрахування на амортизацію: $V_a = 1\,757,70$ грн.

4.2.2 Розрахунок чисельності обслуговуючого персоналу

Чисельність інженерів-електриків ($Ч_{іе}$) визначається за формулою:

$$Ч_{іе} = 0,1 * К_{мпк} * К_{зб}, \quad (4.2.2)$$

де $К_{мпк}$ – кількість мікропроцесорних контролерів, які обслуговує інженерно-технічний персонал;

$К_{зб}$ – кількість змінних бригад.

Розрахунок чисельності інженерів-електриків по формулі (5.2.1):

$$Ч_{іе} = 0,1 * 1 * 2 = 1 \text{ люд.}$$

Чисельність операторів ($Ч_{оп}$) визначається кількістю змінних бригад і дорівнює 2 люд.

Чисельність штату (Чшт) для обслуговування комплексу систем автоматизації розраховується за формулою:

$$\text{Чшт} = \text{Чіе} + \text{Чоп} \quad (4.2.3)$$

Чисельність штату дорівнює:

$$\text{Чшт} = 1 + 2 = 3 \text{ люд.}$$

Загальна кількість працівників у зміну наведена в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Кількість працівників у зміну

Найменування посади	Розставлення штату по змінах, люд		
	1	2	Всього, люд
Інженер-електрик	1		1
Оператор	1	1	2
Облікова чисельність обслуговуючого персоналу: 3 фахівця			

4.2.3 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу

Фонд основної заробітної плати (Зосн) – це заробітна плата, нарахована за виконану роботу (відпрацьований час) за відрядними розцінками, тарифними ставками та посадовими окладами. Він розраховується за наступною формулою:

$$\text{Зосн} = \text{Тст} * \text{Чоб} * \text{Теф}, \quad (4.2.4)$$

де Тст – тарифна ставка, яка відповідає певному розряду робіт грн/год;

Чоб – облікова чисельність;

Теф – ефективний фонд часу роботи одного середньостатистичного співробітника, год.

Розрахунок фонду заробітної плати інженера-електрика по формулі (4.2.3):

$$\text{Зосн} = 19,34 * 3 * 1 * 1960 = 113\,719,20 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок річного фонду заробітної плати наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу

Посада	Кіл-ть, чол	Годинна тарифна ставка, грн	Номінальний річний фонд робочого часу, год	Пряма зарплата по тарифу, грн/рік	Доплати (5%)	Основна зарплата
Інженер-електрик	1	19,34 * 3	1960	113 719,20	5 685,96	119 405,16
Оператор	2	19,34 * 1,45	1960	109 928,56	5 496,43	115 424,99
Всього				223 647,76	11 182,39	234 830,15

Фонд додаткової заробітної плати (Здод) розраховується як 10% від основної заробітної плати:

$$\text{Здод} = 0,1 * \text{Зосн} \quad (4.2.5)$$

Розрахунок додаткової заробітної плати по формулі (4.2.4):

$$\text{Здод} = 0,1 * 234\,830,15 = 23\,483,01 \text{ грн/рік}$$

Згідно законодавства України податок на заробітну плату дорівнює 22%. Виходячи з цього, загальна заробітна плата (Взп), яка включає основну та додаткову розраховується по формулі:

$$\text{Взп} = (\text{Зосн} + \text{Здод}) * (1 + 18\%) \quad (4.2.6)$$

Розрахунок загальних витрат на фонд заробітної плати:

$$\text{Взп} = (234\,830,15 + 23\,483,01) * (1 + 0,18) = 315\,142,05 \text{ грн/рік}$$

У зв'язку з тим, що підприємства, на яких впроваджується дана система вже повинні мати даний склад робітників, фонд заробітної плати буде враховувати тільки додаткову заробітну плату. Її будуть доплачувати фахівцям 10% від їх основної платні за обслуговування та налагодження обладнання. Тоді фонд заробітної плати буде дорівнювати: $\text{Взп} = \text{Здод} = 23\,483,01 \text{ грн/рік}$.

4.2.4 Розрахунок витрат на електроенергію

Витрати на електроенергію, що споживається системою автоматизації ($Ве$) розраховують за наступною формулою:

$$\text{Ве} = W * \text{Ц}, \text{ грн/рік} \quad (4.2.7)$$

де W – кількість спожитої електроенергії за рік, кВт;

Ц – ціна за одиницю споживаної електроенергії, грн/кВт

Для розрахунку необхідно визначити кількість спожитої електроенергії. Для цього використаємо наступну формулу:

$$W = \text{Пс} * \text{Чр} \quad (4.2.8)$$

де Пс – встановлена потужність системи автоматизації, кВт/год;

Чр – річний фонд часу роботи системи, год.

Розрахуємо спочатку кількість спожитої енергії системи за формулою (4.2.7):

$$W = 0,041 * 8 * 246 = 80,6 \text{ кВт}$$

Тепер розрахуємо самі витрати на електроенергію, враховуючи тарифи на поточний рік з урахуванням ПДВ:

$$Ve = 80,6 * (1,40 + 0,28) = 135,40 \text{ грн/рік.}$$

4.3 Висновки по розділу

Річні експлуатаційні витрати на впровадження та експлуатацію системи автоматизації розраховуються за формулою (4.2):

$$E_p = 1\,757,70 + 23\,483,01 + 135,40 = 25\,376,11 \text{ грн/рік.}$$

Розрахунки показують, що впровадження системи автоматизації даного проекту дозволяє впровадити до підприємства більш енергоефективну систему та розширити функціонал сушильної машини, а тому і пральні в цілому, за рахунок невеликих витрат на інсталяцію системи та її обслуговування. Можна зробити висновок, що впровадження розглянутої системи буде прибутковим.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів проектного об'єкта сушіння деревини

У даній кваліфікаційній роботі об'єктом розробки є приміщення кімнати управління оператора для процесу сушіння. Панель і стеля виготовлені з облицювання і алюмінієвого сплаву 0,6 мм. Каркас дерев'яних завантажувальних воріт складається зі спеціальних алюмінієвих профілів, кріплення - нержавіючих болтів, надійна герметичність по периметру забезпечує ущільнювач з гуми, ворота виготовляються з тих же панелей, що і стіни. У приміщенні є два робочих місця операторів.

У приміщенні оператора є небезпечні і шкідливі фактори.

Таблиця 5.1 - Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Небезпечні і шкідливі чинник	Обладнання	ГОСТ
Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будівель і споруд	-Пульт дистанційного керування; -шафа управління.	ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
Підвищення температури повітря в приміщенні	- робоче місце.	ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»
Природне і штучне освітлення	- робоче місце.	ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення
Правила охорони здоров'я та безпеки під час роботи комп'ютера	- робоче місце.	ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин

5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.

5.2.1 Електробезпека

Під загрозою ураження електричним струмом пульт відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки, так як це сухе приміщення, в якому немає

пилу, температура повітря в приміщенні не перевищує 30°C, а також немає шкідливих розрядів, парів і хімічно активного середовища.

Ступінь небезпеки ураження електричним струмом у відділені сушильної камери відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою, так як можливе одночасне об'єднання металевих конструкцій з одного боку і з металевими корпусами електрообладнання з іншого боку. Приміщення, за способом захисту людини від ураження електричним струмом, відповідає першому класу.

Потужність технологічного обладнання самої сушильної камери здійснюється чотирипровідною електромережою із ізольованою нейтраллю частотою 50 Гц і напругою 380 / 220В. Перевагою схеми нейтрального зв'язку TN-C-S є те, що земля по суті відокремлена від робочої нейтралі, оскільки крім трифазних споживачів є ще однофазні.

Високий рівень електробезпеки в системах заземлення TN-S забезпечується використанням дифавтоматів, які більш ефективні з цими системами.

Забезпечити безпеку людини в разі дотику до заземленого корпусу при закритті фази на ньому, а також при безпосередньому торканні струмопровідних частин електроустановки. Система використовує диференціальні реле Schneider-Electric 40A.

5.2.2 Забезпечення температури повітря у приміщенні

Робоче місце знаходиться в окремому ізольованому приміщенні.

Оптимальні умови мікроклімату встановлюються за критеріями оптимального теплового і функціонального стану людини. Вони забезпечують загальне і місцеве відчуття теплового комфорту під час 8-годинної робочої зміни з мінімальною дією механізму терморегуляції, тому не викликають відхилень у здоров'ї працівників та створюють передумови для високого рівня продуктивності.

Відповідно до СанПіна 2.2.4.548-96 «Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих потужностей» в приміщенні повинні підтримуватися оптимальні

значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень.

Таблиця 5.2 - Норми мікроклімату на робочому місці

Період року	температура повітря, град.	Температура поверхні, град.	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Холодний період року	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплий період року	23-25	22-26	60-40	0,1

Для підтримки оптимальних параметрів мікроклімат встановлюється в приміщенні Fujitsu ASYA24LC/AOYR24L condr propara, технічна специфікація якого наведена в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 - Fujitsu ASYA24LC/AOYR24L

Тип	Стіна
Ключові режими	охолодження / нагрівання
Живлення в режимі охолодження	900 – 8 000 Вт
Живлення в режимі опалення	900 – 10 600 Вт
Потужність, що споживається при нагріванні (охолодженні)	2 024 Вт
Мінімальний рівень шуму внутрішнього блоку, (БД)	52
Рекомендована площа шахти/макс приміщення:	від 51 до 70 м ²

5.2.3 Заходи, що забезпечують оптимальні метеорологічні умови для приміщень.

Робота оператора процесу сушіння деревини відноситься до II категорії робіт (група В - до 4 годин безпосередньої роботи з комп'ютером). Для цієї категорії наступний графік роботи: 2 години від початку робочої зміни і 1,5-2 години після обідньої перерви тривалою по 15 хвилин кожна. Загальний час регульованих перерв становить 45 хвилин.

Робота за екраном монітора повинна періодично перериватися для регульованих перерв, які встановлюються для забезпечення здоров'я і безпеки, або замінюють іншою роботою з метою зменшення навантаження на екран.

Для зменшення негативного впливу одноманітності слід використовувати операції чергування.

Короткочасні фізичні вправи, що викликають збудження інших частин мозку, збільшують кровообіг, для зменшення впливу необхідно забезпечити можливість створення періодів відпочинку, які були рекомендовані під час роботи.

Таким чином, ви можете усунути втому, якщо оптимізувати фізичну, розумову та емоційну активність. Для цього слід активно відпочивати, переходити на інші заняття, використовувати всілякі засоби відновлення здоров'я.

Види вправ для зняття загальної втоми:

- ви втомилися, голова важка - сідайте прямо, відхиліть голову назад до межі і залишайтеся в такому положенні протягом 8-10 секунд, потім опустіть голову на груди (10-15 секунд). Повторити 2-3 рази;
- ви збуджені, схвильовані - спробуйте зробити десять дихальних вправ: короткий вдих за рахунок одного і тривалого видиху за рахунок 6-8;
- ви схильні спати - втрачайте вуха і сильно тріть краєм долоні перед вухом і за ним, сядьте прямо, потягніть плечі назад, підніміть підборіддя, підніміть руки, як батоги опущені уздовж тулуба, напружте м'язи спини, рук, шиї і залишайтеся в такому положенні протягом 10-15 с, розслабтеся і повторіть ще раз.

Вправи для спини:

- зігніть долоні за голову, лікті в сторони, відтягуючи їх назад, напружте шлунок і розправите хребет, після вдихання і видиху поверніть тулуб вліво, повертайтеся до початкового положення, поверніть в інший бік;
- сядьте комфортно, ноги торкаються підлоги, по черзі відривають половину тазу з поверхні крісла, напружуючи сідничні м'язи на 2-3 секунди.

Вправи для очей:

1. Глибоко вдихніть, закривши очі. Розслабте м'язи шиї, обличчя і голови протягом 2-3 секунд. Видихніть, широко відкрийте очі і рот. Повторіть вправу 4 рази.
2. Спираючись ліктями на стіл, прикривайте очі долонями, не натискаючи на них. Покладіть обличчя на долоню і насолоджуйтеся темрявою. Ефект підсилений, якщо заздалегідь натерти долоні.
3. Розслабте м'язи очей і обличчя, шукаючи 20-30 секунд на порожній стінці. Напружено блимають, використовуючи якомога більше лицьових м'язів.
4. Виберіть три крапки, щоб виправити вигляд. Візьміть точку зору протягом 3 хвилин.
5. Закрийте очі на 5 секунд, відкрийте і подивіться на ніс. Зробіть це 3-5 разів.



Рисунок 5.1 - Вправи для очей

5.3 Пожежна безпека

Ступінь вогнестійкості даного приміщення В-Па і пожежна небезпека класу П - ІА. До цього класу відносяться приміщення, в яких небезпечні умови

не мають місця при нормальній роботі, і можливі тільки в результаті аварії або несправності. Основним засобом запобігання пожежам і вибухам від електрообладнання є правильний вибір і експлуатація обладнання.

Приміщення обладнані автоматичною пожежною сигналізацією, відповідно до вимог переліку аналогічних призначених об'єктів, на які підпадає обладнання автоматичних протипожежних та протипожежних систем, з димосигналізацією та переносними вуглекислими вогнегасниками з розрахунку 2штуки на кожні 20 м² ділянки приміщень, відповідно до вимог Правил пожежної безпеки України.

В якості засобу пожежогасіння в приміщеннях операторної станції знаходяться вуглекислі вогнегасники ВВ-2 - 2шт. Вогнегасник ВВ-2 (вуглекислий газ) переносна ємність циліндра 2 л (1,4 кілограма). Перевагою вуглекислого газу вогнегасників є відсутність слідів гасіння, оскільки вуглекислий газ після використання не залишає слідів і бруду.

5.4 Висновки по розділу

У цьому розділі було досліджено вплив шкідливих і небезпечних чинників на організм людини при роботі користувачів з ПК, а також запропоновано введення поліпшеного режиму відпочинку і праці для працюючих на ПК з регламентованими обідніми і технологічними перервами.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розглянуті питання створення підсистема управління промисловою сушильною машиною з метою є удосконалення існуючої системи управління.

Було розглянуто роботу об'єкта управління, а саме сушильної машини, її технічні характеристики та властивості. На основі цього було вибрано контур управління, для якого виконувалось дослідження, а також визначені напрямки планування експерименту. Напрямок розробки апаратного забезпечення базується на програмованих логічних контролерах.

Система автоматизації частоти обертів побудована на базі програмованого логічного контролера ПЛК160-220.А.М. Для об'єкту управління визначені вхідні та вихідні параметри, їх природа та діапазон змін.

У зв'язку з тим, що прототип обраного безперервного об'єкту управління зібраний на кафедрі і конструюється як лабораторний стенд, було вирішено проводити активний експеримент.

Провівши необхідні дослідження об'єкту, була отримана математична модель, яка дозволяє проводити ефективне управління та аналіз системи за допомогою методів теорії автоматичного управління.

Побудова математичної моделі була виконана в пакеті MATLAB та середовищі моделювання Simulink. Результати побудови показали, що математична модель об'єкту має ступінь відповідності за нормованим середньоквадратичним відхиленням 95.94%, що відповідає технологічним вимогам. Виходячи з цього, модель є адекватною і може бути використана для подальшого моделювання.

Подальші дослідження об'єкту управління можуть бути направлені на розширення функціональних можливостей сушильної машини, які б забезпечили якісне, повністю автоматизоване сушіння одягу. А також досягнення повної автоматизації пральних та хімчисток, для віддаленого управління за усіма процесами.

Кваліфікаційну роботу виконано повністю відповідно до теми і завдання, оформлено відповідно до нормативних документів і методичних рекомендацій.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rVf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Електронний ресурс: <https://stirka.in.ua/uk/sushilni-mashini-dlya-pralen/promislovi-sushilni-mashini-barabani/>
6. Термін служби сушильних машин. <http://house-interior.info/termin-sluzhbi-pralno%D1%97-mashini/>
7. Статистика підприємств – хімчисток. <https://delo.ua/business/chistyj-dohod-kak-himchistki-i-prachechnye-pytajutsja-vyzhit-v-u-313845/>
8. Експлуатація сушильних машин. <https://www.ivd.ru/stroitelstvo-i-remont/tehnika/v-suhom-ostatke-5112>

9. Технологічні схеми сушильних барабанів.
http://www.elremont.ru/stirm/st_eng/steng_rem97.php
10. Контролер частоти обертів колекторного електродвигуна.
<http://www.tda1085.com/>
11. Технічні характеристики ПЛК160.
http://www.owen.ru/uploads/re_plc160_1642.pdf
12. ГОСТ 21.404-85. Автоматизація технологічних процесів. Позначення приладів і засобів автоматизації в схемах. [Чинний від 1985-04-18]. – М.: Стандартиформ, 2007 – 12 с.
13. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
14. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
15. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
16. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги
17. ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
18. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
19. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
20. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235с
21. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
22. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко,

- М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.
23. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
 24. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
 25. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
 26. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
 27. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
 28. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції. Загальні вимоги безпеки.

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.18.06.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.18.06.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.18.06.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.18.06.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.18.06.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.18.06.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23			с				
24							
25							
26							
27							
28							
29							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.18.06.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Мошник		25.05.21		1	1
П. конс.					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-18ск-1		
Н. контр.							
					Відомість проекту		

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесу управління промисловою сушильною машиною», студента гр. 151-18ск-1

Мошник Назар Андрійович

Кваліфікаційна робота представлена пояснювальною запискою об'ємом ___ стор. формату А4 і графічною частиною ___ стор. формату А4.

Метою роботи є розробка підсистеми управління промисловою сушильною машиною.

У кваліфікаційній роботі розглянуті питання створення системи управління промисловою сушильною машиною з метою є удосконалення існуючої системи управління. Викладена актуальність питання, визначені склад і функції автоматизованої підсистеми управління барабаном, запропоновані технічні рішення з використанням сучасних рішень, зроблений вибір елементної бази, визначена структура системи управління.

У зв'язку з тим, що прототип обраного безперервного об'єкту управління зібраний на кафедрі і конструюється як лабораторний стенд, було вирішено проводити активний експеримент.

Провівши необхідні дослідження об'єкту, була отримана математична модель, яка дозволяє проводити ефективно управління та аналіз системи за допомогою методів теорії автоматичного управління.

Побудова математичної моделі була виконана в пакеті MATLAB та середовищі моделювання Simulink. Результати побудови показали, що математична модель об'єкту має ступінь відповідності за нормованим середньоквадратичним відхиленням 95.94%, що відповідає технологічним вимогам. Виходячи з цього, модель є адекватною і може бути використана для подальшого моделювання.

Подальші дослідження об'єкту управління можуть бути направлені на розширення функціональних можливостей сушильної машини, які б забезпечили якісне, повністю автоматизоване сушіння одягу. А також досягнення повної автоматизації пральних та хімчисток, для віддаленого управління за усіма процесами.

Основними функціями системи є формування або реєстрування

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з професійною діяльністю фахівця спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані. ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог ГОСТ і ЕСКД, зауважень до проекту немає.

При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена висока міра самостійності, технічної грамотності.

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «_____».
Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку
«_____», а студент привласнення освітнього рівня «бакалавр»
в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ ас. Зибалов Д.С.

___06.2021

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесу управління промисловою сушильною машиною», студента гр. 151-18ск-1

Мошник Назар Андрійович

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно повністю до вимог стандартів та методичних рекомендацій.

Викладена актуальність питання, визначені склад і функції підсистеми управління промисловою пральною машиною, запропоновані технічні рішення з використанням сучасних рішень, зроблено вибір елементної бази, визначена структура підсистеми управління.

В якості об’єкта управління виступає електропривід барабану промислової сушильної машини, для якого виконується розробка підсистеми автоматичного управління. Вхідними параметрами є сигнал частоти обертів барабану.

В якості підсистемі дослідження обрана система збору інформації про об’єкт управління. Основними функціями підсистеми є формування або реєстрування управляючого впливу, який подається на об’єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об’єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В рамках кваліфікаційної роботи виконано аналіз технологічного процесу та об’єкта управління, постановка завдання, вибір апаратного забезпечення, визначення моделі об’єкта управління, розрахунок основних економічних показників та вирішення питань з охорони праці.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки “_____” балів при відповідному захисті, а здобувач Мошник Н.А. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

Рецензент, _____

____.06.2021