

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики і енергозбереження
Кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри автоматики та
робототехнічних систем
ім. акад. І.І. Мартиненка

_____ В.П. Лисенко
« ____ » _____ 2020 р.

Дипломний проект магістра

на тему «Розроблення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматичного керування температурним режимом у нагрівному циліндрі термопластавтомату з використанням КТЗ Овен _____»

Виконав: студент 2 курсу, групи АКіТ-180016СТ
за напрямком підготовки 151 –

«Автоматизація
та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва напрямку підготовки)

Чуйко Д.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник Лукін В.Є.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник Гладкий А.М.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики і енергозбереження

Кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
напрямком підготовки 151 - "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри автоматики та
робототехнічних систем
ім. акад. І.І. Мартиненка

В.П. Лисенко
« ____ » _____ 2020 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Чуйко Денис Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Розроблення комп'ютерно-інтегрованої системи автоматичного керування температурним режимом у нагрівному циліндрі термопластавтомату з використанням КТЗ Овен

керівники проекту Гладкий А. М. Кандидат фізико-математичних наук, доцент. к.п.н., доцент В.Є. Лукін
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом НУБіП України від "19 листопада 2019 року № 2290"С"

2. Строк подання студентом проекту "1" червня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту:

- 3.1. Завдання кафедри на виконання дипломного проекту.
- 3.2. Нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації.
- 3.3. Наукова література з тематики дипломного проекту.

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

- 4.1. Характеристика об'єкта керування
- 4.2. Дослідження термопластавтомату як об'єкта управління
- 4.3. Розробка системи автоматичного керування температурою в термопластавтомате
- 4.4. Електротехнічна частина
- 4.5. Техніко-економічне обґрунтування

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5.1. Функціональна схема автоматизації системи керування температурним режимом в циліндре термопластавтомату.

5.2. Принципіальна схема автоматизації системи керування температурним режимом в циліндре термопластавтомату.

5.3. Схема електрична з'єднань.

5.4. Схема підключень.

6. Дата видачі завдання "20" листопада 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Характеристика об'єкта керування	01.12.2019 р.	
2.	Дослідження термопластавтомату як об'єкта управління	08.01.2020 р.	
3.	Розробка системи автоматичного керування температурою в термопластавтоматі	03.02.2020 р.	
4.	Електротехнічна частина	30.04.2020 р.	
5.	Техніко-економічне обґрунтування	29.05.2020 р.	

Студент _____
(підпис)

Чуйко Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____
(підпис)

Лукін В.Є.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____
(підпис)

Гладкий А.М.
(прізвище та ініціали)

НУБІП України

ЗМІСТ

Вступ	5
РОЗДІЛ 1. Характеристика об'єкта керування	6
1.1 Технологічний процес лиття під тиском	6
1.2 Технічний опис досліджуваного об'єкта	12
1.3 Мета і задачі дипломного проекту	13
РОЗДІЛ 2. Дослідження термопластавтомату як об'єкта управління	14
2.1 Розробка та дослідження математичної моделі термопластавтомату	14
2.2 Аналіз динаміки об'єкта керування та визначення його передатної функції	20
2.3 Функціональна схема автоматизації системи керування температурою в термопластавтоматі	24
РОЗДІЛ 3. Розробка системи автоматичного керування температурою в термопластавтоматі	27
3.1 Вибір алгоритму керування та визначення параметрів настройки регулятора	27
3.2 Вибір регулятора САР температури в циліндру термопластоавтомату	34
3.3 Вибір сприймаючого елемента	38
3.4 Вибір виконавчого механізму та регулюючого органу	40
3.5 Вибір SCADA-системи	42
3.6 Оцінка стійкості САР температури в циліндру термопластоавтомату	45
3.7 Визначення показників якості роботи САР температурою в циліндрі термопластавтомату	49
РОЗДІЛ 4. Електротехнічна частина	51
4.1 Розробка схеми електричної принципової системи керування температурою в термопластавтоматі	51
4.2 Розробка схеми з'єднань	51
4.3 Розробка схеми підключень	52
4.4 Розробка шита керування	52
4.5 Вибір пускозахисної апаратури	54
Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування	57
Висновки	60
Література	61

НУБІП України

ВСТУП

Лиття під тиском є однією з ключових технологій в області переробки полімерів і виробництва пластмас. Цей процес дозволяє виробляти високоякісну продукцію з високою точністю для всіх видів пластику, при відносно низькій вартості і високій продуктивності.

Не так давно лиття під тиском було розроблено не тільки як інтуїтивне, але і як мистецтво, як теоретичне вирішення проблем, які є дуже, дуже складними, масштабними, що вимагають тривалих досліджень, що виникають в цій галузі. Однак експериментальні дані, отримані в даний час, дозволяють нам краще зрозуміти природу процесу, і є шматочки кореня з теоретичними концепціями.

Інфільтрація використовується для обробки термопластів соматичного спазму і реактопластів. Це непомітний, високопродуктивний і автоматичний процес.

Машина для лиття під тиском відповідно до заданих параметрів, швидкість і надійність згинання при виборі технології і технічних методів, впровадженні автоматичного управління і регулювання процесу. Основним параметром є температура циліндра ливарної машини. Температура навколишнього середовища впливає на кількість і якість пластмасових виробів. У цій статті я розробив систему автоматичного управління в циліндрі T, використовував контролер компанії ОВЕН, регулятор потужності DRU3 MEYERTEC і перетворювач компанії sinamics, що дозволило збільшити кількість і якість виробництва пластикових виробів і знизити витрати на електроенергію.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1. Технологічний процес лиття під тиском

Як виробляти пластмасові вироби з полімерами в машині для лиття під тиском, в якій відсутня стійка, містить в'язку рідину в в'язкій воді, а матеріал змінює температуру, твердне і переміщує його під тиском в закритій формі, яка повинна приймати форму порожнини. Він в основному використовується для виготовлення виробів з термопластичної смоли. Цей процес швидко виконується при тиску від 80 до 140 Бар в ливарних машинах черв'ячного типу з високим рівнем системи і автоматизації.

Суть технології лиття під тиском полягає в наступному (рисунок Т): 1.1).

Маса рідкого полімеру готується перед тим, як його вставляють у форму і зберігають в матеріальному циліндрі двигуна (малюнок). 1.1-а). Потім матеріал циліндра з'єднується з іншою частиною форми, і пластифікатор рухається зі швидкістю розплаву у формі Литгла (мал. 1.1-Б). В результаті осьове переміщення черв'яка заповнює форму матеріалом рідкого полімеру, і пластифікатор переміщається в крайнє ліве положення (рис. 2). 1.1-Б). У свою чергу, маса рідини в рецентурі, як і в продукті, знаходиться в твердому вигляді (рис. 10). 1.1-d). Матеріал циліндра знаходиться в закритому положенні, система прес-форми. В цей час черв'як почав обертатися, готуючи і передаючи масу рідини в передню частину циліндра з матеріалу, і в той же час почав допомагати вам. Після накопичення достатньої суми платежу обертання хробака припинилося. Він зайняв вихідну позицію. Після того, як процес складання пластика завершений, прес-форма відкривається і виріб витягується з неї (рис. 1). 1.1-d). Щоб полегшити вилучення продукту, циліндр, матеріал можна

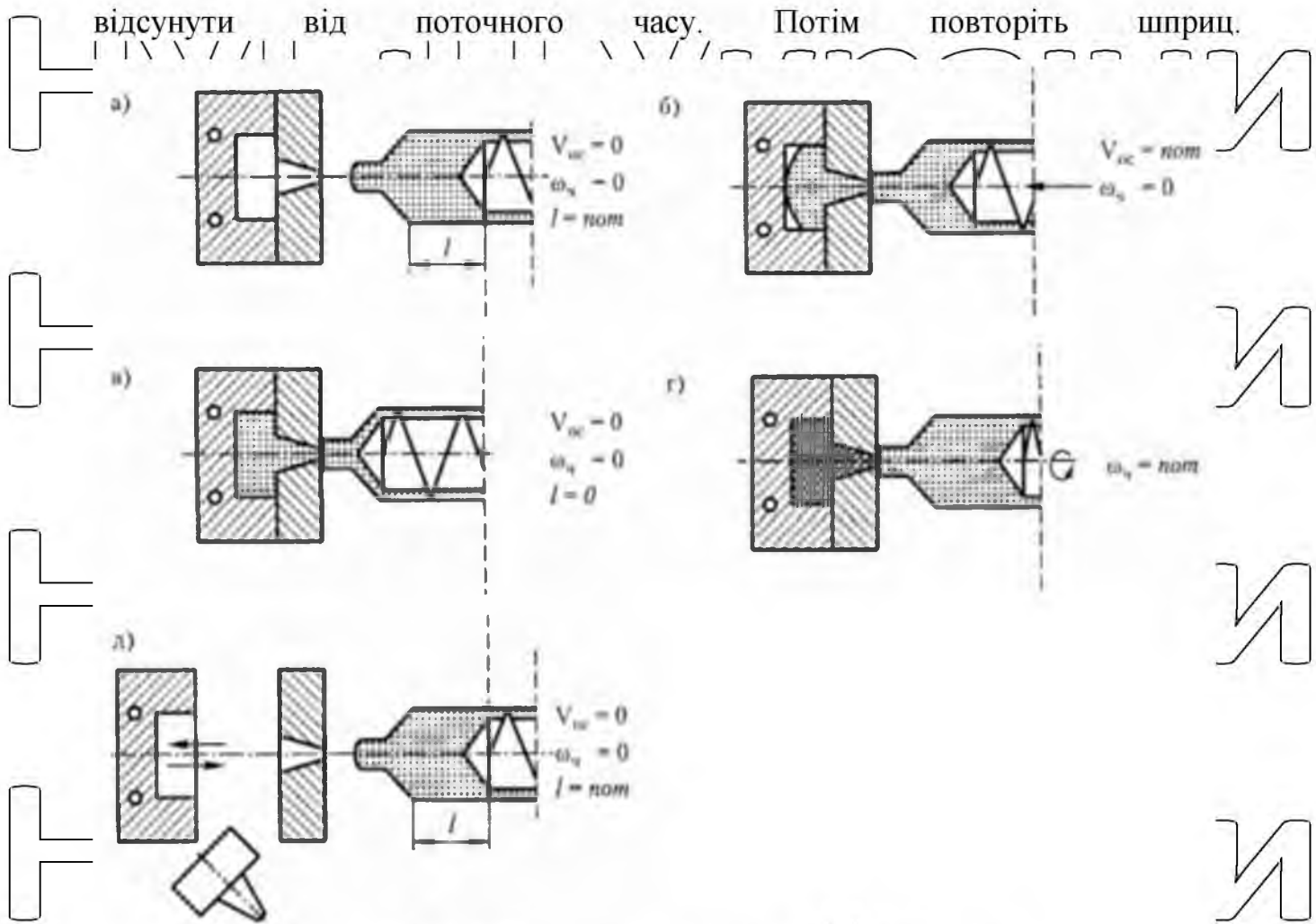


Рис 1.1. Принципова схема лиття під тиском

Машини для лиття під тиском розділені на 2 основні групи, відповідно до конструкції пластифікатора машини з черв'яком, затиск являє собою різні види пластику. Машини для змішування ін'єкцій з інструментами, відокремленими від пластифікаторів, мають добре відому конструкцію, що впоркує циліндра: в машинах цього типу друга частина складу полімеру в цьому випадку розплавлений потік пластифікатора в циліндр уприскування поступово виштовхує його назад в ін'єкційний інструмент. Пластикові затискачі та тиски являють собою різні типи розплаву, які нагріваються для передачі тепла від стінок пластифікаторів в розплав, не можуть забезпечити розподіл температури.

У цих умовах значна різниця температур необхідна для того, щоб зробити повітря тепловим інструментом. Крім того, однорідність теплового поля в затиску і тип пластику зменшуються зі збільшенням продуктивності машини, а

в машині для лиття черв'яків (зварний машині) в результаті скорочення часу перебування в розплаві в пластифікаторі тиск на склад полімеру і пластика виникає в циліндрі з черв'яком. За допомогою цього пластифікатора черв'як не тільки обертається, але і виконує взаємні рухи рук, змінює тиск в гідроциліндрі.

Під час роботи полімерна композиція у вигляді гранул або порошку з бункера надходить в пластиковий циліндр двигуна. Літл. У пластиковому циліндрі матеріал переміщається теплими, закрученими хробаками. Наприклад, пластиковий черв'як, він рухається назад і налаштовує розплав, накопичений в циліндрі біля основи черв'яка. Після того, як утворилася достатня кількість розплаву, черв'як почав рухатися до форми за допомогою поршня в гідроциліндрі. У той же час форма розплавляється і заповнюється формованими виробами.

Процес лиття під тиском найкраще супроводжується виділенням тепла.

Через високу температуру процедури монтажу це може завдати шкоди, а, найголовніше, порушити доставку готової продукції. 1. Тому багато з них, що забезпечують високоякісне охолодження екструдера, є одним з компонентів обладнання. Систему охолодження екструдера можна розділити на повітряну, водяну і сумішеву. У воді системи охолодження циркулюючі речовини поглинають все тепло приєткою. Принцип роботи досить простий, проходячи через агрегат, рідина нагрівається, виділяючи надмірне тепло з критичної зони і подаючи його в конденсатор. В якості холодоагентів можна використовувати різні рідини. Вода, звичайно, не вирішує всіх проблем, які в даному випадку можуть закінити при температурі 100 градусів Цельсія. Зі збільшенням порогу кипіння, в свою чергу, він зазвичай подається в такій системі.

Безперервне охолодження прес-форми і масла є одним з найважливіших вимог у всьому процесі виробництва полімерів і пластмас. Слід зазначити, що другий компонент конструкції, а також масло для охолоджуючої рідини, потрібні при різних температурах. Ці коди зазвичай вказуються в паспорті екструдера, а також між різними моделями. Тому вам необхідно правильно вибрати холодоагент. Для лиття під тиском найбільш поширеним є те, що

необхідно забезпечити рідину з температурою 8°C-14 °C необхідним маслом або 16 °C-24 °C, яка найчастіше надходить з каналу охолоджуючої води. Якщо є варіант, і масло і гриби охолоджують рідину до рівня 13 °C-16 °C, то це рішення, яке часто призводить до зниження продуктивності. Масло може загустіти при сильному охолодженні. Для роботи температура нагріву повинна бути на рівні 28 °C (натисніть 30 °C).. У процесі екструзії межі змінюються, але вам не потрібно бути вище або нижче їх. Після заповнення форми чауном, остиглим, і збільшення щільності обсяг матеріалу зменшується. Так як банки проходять через канал, частина маси рідини продовжує надходити в форму, і його тиск підтримується постійним. Таким чином, після завершення операції в циліндрі двигуна виходить баланс заданого тиску і утворюється зазор, і з розплаву (подачі) далі повільно подається виорскування; інша частина плати була виплачена за відновлення полімеру в форму, де він охолоджується. Тиск опори, як правило, продовжується до маси рідини в середині потоку тексту в нижній частині теплового потоку.

Після сушіння і затвердіння маса розплаву в порожниці формування не змінює потік розплаву при витягуванні сопла), чим довше температура і тиск розплаву, тим більше нагрівається розплав в порожнині формованого тіла, що підлягає розрізанню, так що тиск у формі збільшується при охолодженні виробу, тим менше розмір виробу і буде спостерігатися. Таким чином, цей форум процесу відновлення проводиться під тиском в прес-формі в залежності від основного розміру, форми і температури розплаву, а також природи полімерної термофізики. Незважаючи на те, що тиск рекомендується, щоб полімер в порожнині формування знаходився в рідкому стані, глибина ванни, невеликий затоку, зазвичай глибина виливки за заданим рахунком велика, підтримка тимчасового тиску збільшується, і час, необхідний для охолодження деталі, збільшується. Робота системи поєднується зі ступенем плавлення, яка входить до складу розплаву, тому немає часу накопичуватися за короткий час, і довжина корпусу виливки повинна бути збільшена, і в цьому випадку не рекомендується використовувати в воротах великий перетин. Для безперервного внесення

добрив дія напрути (зсуву в розплаві при охолодженні зростає у вигляді рівня макромолекули тканини, що збільшує анізотропію властивостей продукту. Щоб запобігти цьому, рекомендується припинити заповнення і поїдання форми розплавом каналу, високим тиском, блокуючим штампом для затвора. В цьому випадку потік розплаву у вигляді кінця-і, в результаті 20 процесів релаксації, відбувається дезорієнтація макромолекул. Цей процес може бути виконаний з використанням засувки малої глибини (канал) або мундштука з закритим клапаном. В цьому випадку його не можна подавати самостійно, але для того, щоб зменшити усадку продукту, його необхідно перетворити в суспензію. На практиці охолодження починали відразу після уприскування розплаву, але в окремій операції в техніці охолодження його встановлювали на 1 годину після закінчення витримки і тиску. Отже, охолоджуючий ефект необхідний для затвердіння кінців розплаву, і те, що ви робите, коли вони видаляються з форми, нагрівання полімеру перед відкриттям форми, а не тих, які зроблені в певній необхідності, повинен бути вище температури склування, щоб не виникало при витяганні продукту. У процесі переробки полімерів у виробі виникає більше 20 видів дефектів. Виникає в результаті порушення структури композиційної сировини, вибору невідповідності і вибору будь-якого режиму в процесі, наприклад, високої ефективності температури і тиску при очищенні, зміст яких є надмірним, в серцевині формування знаходиться відповідна доза сировини і так далі.

Дуже важливо дотримуватися охолодження продуктів, запліснявілих після формування, і спеціальні методи термічної обробки. Процес, коли процес виконаний правильно, на виріб буде надаватися великий внутрішній тиск, який викличе деформацію, усадку і розтріскування.

1.2. Технічний опис досліджуваного об'єкта

На заводі ДП «Пластмас» ТОВ «ГД Пластмас-Прилуки» був досліджений термопластоавтомат тип ДЕ3330Ф1

Найменування параметру, розміру	Значення
1 Об'єм впрорскування, см ³	250
2 Діаметр шнека, мм	60
3 Частота обертання черв'яка, об/хв.	40-315
4 Тиск лиття, МПа	150
5 Швидкість лиття, см ³ /с	273
6 Пластична спроможність за полістиролом, кг/год	238
7 Потужність нагрівачів, кВт	10
8 Зусилля запирання, кН	2500
9 Хід рухомої плити вузла запирання, мм	500
10 Висота встановлюваного інструменту, мм	350-500
11 Хід виштовхувача, мм	150
12 Відстань між колоннами, мм	
– горизонтальна	500
– вертикальна	500
13 Робочий тиск, МПа	17
14 Потужність електродвигуна, кВт	15
15 Габаритні розміри, мм	
– довжина	5650
– ширина	1400
– висота	1990
16 Маса, кг	10000

1.3. Мета і задачі дипломного проекту

Як було зазначено, ефективність виробництва продукції лиття пластмас під тиском в умовах сучасної енергетичної кризи значною мірою залежить від запровадження сучасних технологій і енергозбереження

Тому Метою дипломного проекту є удосконалення системи автоматичного керування температурним режимом в нагрівному циліндрі термопластавтомату, що забезпечить підвищення кількості та якості продукції лиття пластмас.

Задачі дипломного проекту:

1. Проаналізувати складові елементи технологічного процесу лиття пластмас під тиском в сучасних термопластавтоматах;

2. Розробити математичну модель створення температурного режиму в циліндрі термопластавтомату та визначити його динамічні властивості;

3. Розробити функціональну схему автоматизації системи керування температурним режимом в циліндрі термопластавтомату;

4. Обґрунтувати вибір алгоритму керування температурним режимом в циліндрі термопластавтомату та комплексу технічних засобів його реалізації із забезпеченням можливості дистанційного моніторингу температурного режиму із використанням мережі Internet та хмарного сервісу Open Cloud;

5. Визначити показники якості роботи САК температурним режимом;

6. Розробити електричні схеми реалізації САК;

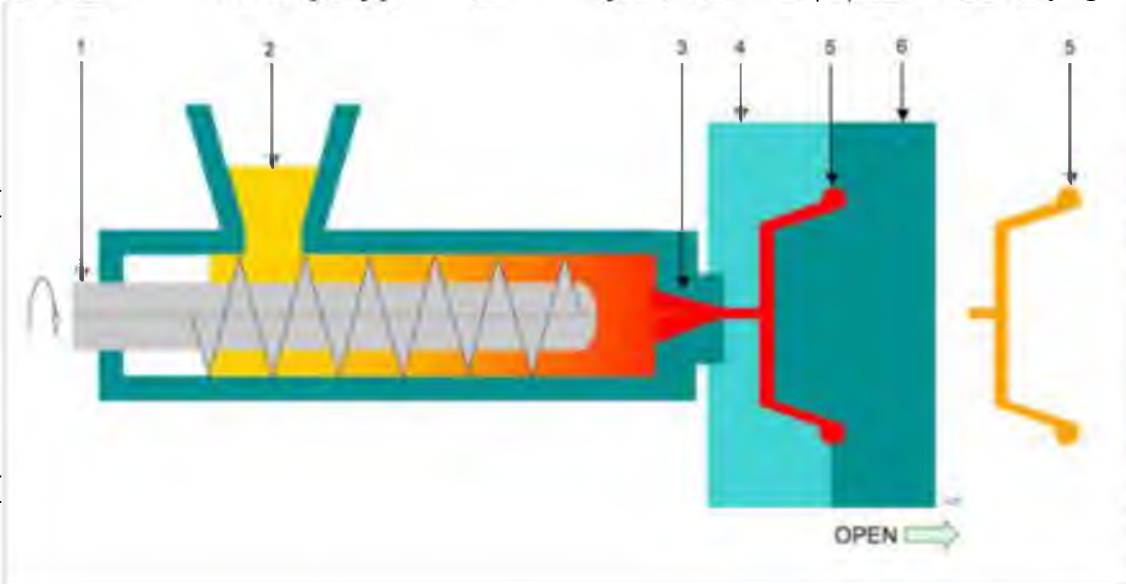
7. Провести техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження розробленої системи керування.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТУ ЯК ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

2.1 Розробка та дослідження математичної моделі термопластавтомату

Продуктивність Прес-форми для лиття під тиском, якість кількість
промислового виробництва пластмас, ливарних виробів, залежить від контролю
якості температури двигуна, кількості уприскування



Технологічна схема процесу лиття термопластичних матеріалів:

- 1 — шнек
- 2 — дозувальний пристрій грануляту
- 3 — сопло
- 4 і 6: — половини прес-форми
- 5 — (червоним) порожнина форми з ливниковими каналами
- 5 — (жовтим) готовий виливок

Робоча зона термопластавтомату (рис. 2.1, а).

Виробництво і випуск готової продукції багато в чому залежать від температури двигуна, кількості уприскування.

Математичний опис механіки температурного режиму ливарної машини представлено системою диференціальних рівнянь.

Щоб отримати математичний опис процесу нагрівання виробу для ін'єкційного уприскування пластику, ми збираємося витратити наступний час:

- Беручи до уваги той факт, що корпус нагрівається електричними елементами, стінка форми корпусу циліндра машини в радіальному напрямку не має температурного градієнта;

Термофізичні властивості матеріалів і конструктивних елементів не повинні змінюватися час від часу і не залежать від температури.

- Ми ігноруємо нагрівання пластмас через те, що для переміщення матеріалів використовується тепловий еквівалент механічної енергії, коефіцієнт теплообміну і теплопередачі не залежить від температури і часу, не змінюється і дорівнює середньому значенню для механічної енергії;

- Ми не враховуємо температурний градієнт теплопередачі, обумовлений теплопровідністю, і осевий напрямок корпусу циліндра, і потік матеріалів,

- Розподіл теплової енергії проходить через напрямок руху зразка (вісь X).

Щоб зменшити порядок рівняння, теплоємність циліндричного гвинта зменшується до теплоємності матеріалу (пластика).

Приймемо такі позначення: $\Theta_m(\tau, x)$ – температура пластмаси, $^{\circ}\text{C}$; $\Theta_k(\tau)$ – температура корпусу циліндра, $^{\circ}\text{C}$; $\Theta_h(\tau)$ – температура шнека; t_s – температура зовнішнього середовища, $^{\circ}\text{C}$; $c_k m_k$ – теплоємність корпусу циліндра, Дж/град; C_m – питома теплоємність пластмаси і шнека, Дж/град;

m_m, m_w – маса матеріалу (пластмаси) в об'ємі циліндра і шнека, кг; c_m, c_w, c_k – відповідно питома теплоємність матеріалу (пластмаси), шнека та корпусу циліндра, Дж/кг·град; α_{zm}, α_{sm} – коефіцієнти теплопередачі від корпусу циліндра до зовнішнього середовища і матеріалу (пластмаси), що рухається, Вт/м²·град;

f_3, f_6 – зовнішня та внутрішня поверхня корпусу циліндра, м²; Φ_h, Θ – поверхня шнека, м²; L – довжина робочої зони циліндра, м; G – подана матеріалу в корпусі циліндра (середня продуктивність циліндра термопластавтомату), кг/с; P – потужність нагрівальних елементів, Вт; $q = P/L$ – питомі виділення теплоти, Вт/м.

Замість системи рівнянь (2.4) у приватних похідних отримана система рівнянь у похідних звичайних. Система рівнянь має аналітичне рішення.

Ми записали першу складову з лівої частини рівняння (2.10) через функцію координат і отримали математичну модель динаміки температурного режиму у вигляді:

$$c_k S_k \rho_k dx d\Theta_k = P(x) dx d\tau - \frac{\alpha_6 f_6}{L} (\Theta_k - \Theta_m) - \frac{\alpha_3 f_3}{L} (\Theta_k - t_s) dx d\tau, \quad (2.1)$$

для матеріалу (пластмаса):

$$c\rho_m S_m dx d\Theta_m = \frac{\alpha_e f_e}{L} (\Theta_k - \Theta_m) dx d\tau - \frac{\alpha_h f_h}{L} (\Theta_m - \Theta_i) dx d\tau, \quad (2.2)$$

для шнека циліндра термопластавтомату:

$$c_h S_h \rho_h S_m dx d\Theta_h = \frac{\alpha_h f_h}{L} (\Theta_m - \Theta_h) dx d\tau, \quad (2.3)$$

де: c_k – теплоємність корпусу циліндра термопластавтомату,

$Dж/(кг \cdot град)$; S_k, S_m, S_h – відповідно площа перетину корпусу, матеріалу та

шнека, $м^2$; ρ_k, ρ_m – густина корпусу циліндра та матеріалу, $кг/м^3$; $P(x)$ –

прикладена потужність нагрівачів, $Вт$; L – довжина шнека, $м$; α_e –

тепловіддача від внутрішньої поверхні є циліндра $Вт/(^{\circ}C \cdot м^2)$; f_e – площа

внутрішньої поверхні циліндра, $м^2$; α_s – тепловіддача від зовнішньої поверхні

циліндра, $Вт/(^{\circ}C \cdot м^2)$; f_s – площа зовнішньої поверхні циліндра, $м^2$; Θ_c –

температура корпусу, $^{\circ}C$; Θ_m – температура матеріалу, $^{\circ}C$.

Розкриваючи повні диференціали $d\Theta = \frac{\partial \Theta}{\partial \tau} d\tau + \frac{\partial \Theta}{\partial x} dx$ температур корпусу

циліндра і матеріалу з урахуванням, що $\frac{dx}{\partial \tau} = V$ (V – швидкість руху для корпусу;

$V=0$), а $S\rho = \frac{G}{V}$, $m = S\rho L$. Після перетворень одержимо математичний опис

теплових процесів у вигляді системи рівнянь:

$$\begin{cases} m_k c_k \frac{\partial \Theta_k}{\partial \tau} = P(x) - \alpha_a f_a (\Theta_i - \Theta_k) - \alpha_c f_c (\Theta_k - t_c); \\ m_i c_i \frac{\partial \Theta_i}{\partial \tau} + GcL \frac{\partial \Theta_i}{\partial x} = \alpha_a f_a (\Theta_e - \Theta_i) - \alpha_h f_h (\Theta_e - \Theta_i); \\ m_h c_h \frac{\partial \Theta_h}{\partial \tau} = \alpha_h f_h (\Theta_i - \Theta_h); \end{cases} \quad (2.4)$$

Рівняння (2.4) не має аналітичного розв'язку відносно $\Theta_k(t)$ і $\Theta_m(t)$. Метод визначення динамічних температурних режимів є наближеним [1]. Для

визначення градієнту температури в напрямку руху матеріалу розглянемо статичні характеристики циліндра термопластавтомату за умови

$$\frac{d\Theta_k}{d\tau} = \frac{d\Theta_m}{d\tau} = \frac{d\Theta_n}{d\tau} = 0; \quad \frac{d\Theta_m}{d\tau} = 0. \text{ Рівняння (2.4) описує сталий режим.}$$

$$\begin{cases} P - \alpha_6 f_6 (\Theta_k - \Theta_m) - \alpha_3 f_3 (\Theta_k - t_3); \\ GcL \frac{d\Theta_m}{dx} = \alpha_6 f_6 (\Theta_k - \Theta_n) - \alpha_h f_h (\Theta_n - \Theta_k); \\ \Theta_n = \Theta_m; \end{cases} \quad (2.5)$$

Розподіл температури матеріалу (пластмаси) визначимо за довжиною робочої зони циліндра.

З рівняння (2.5) отримаємо значення температури корпусу циліндра Θ_k :

$$\Theta_k = a + b\Theta_m, \quad (2.6)$$

$$\text{де: } a = \frac{P(x) + \alpha_3 f_3 t_3}{\alpha_3 f_3 + \alpha_6 f_6}; \quad b = \frac{\alpha_6 f_6}{\alpha_3 f_3 + \alpha_6 f_6}.$$

Підставляючи значення Θ_k у рівняння (2.5), одержимо:

$$T_m \frac{d\Theta_m}{dx} = a - (1-b)\Theta_m, \quad (2.7)$$

$$\text{де } T_m = \frac{GcL}{\alpha_6 f_6 + \alpha_3 f_3}.$$

Рівняння (2.8) це розв'язок рівняння (2.7) ($x=0, \Theta_m = \Theta_1; P(x) = P = const$ - граничні умови)

$$\Theta(x) = \frac{a}{1-b} \left(\frac{a}{1-b} - \Theta_1 \right) e^{-\frac{x}{T_m}(1-b)} \quad (2.8)$$

Градієнт температури матеріалу визначимо за напрямком руху в циліндрі і продеференціюємо рівняння (2.8)

$$\frac{d\Theta_m(x)}{dx} = \frac{1-b}{T_m} \left(\frac{a}{1-b} - \Theta_1 \right) e^{-\frac{1-b}{T_m}x} \quad (2.9)$$

Підставимо отримане значення в рівняння (2.4) та після перетворень матимемо:

$$m_m c_m \frac{d\Theta_m}{d\tau} = -\alpha_e f_e (a - (1-b)\Theta_m) e^{-\frac{(1-b)\alpha_e f_e x}{GcL}} + \alpha_e f_e \Theta_k + \alpha_h f_h \Theta_m - (\alpha_e f_e + \alpha_h f_h) \Theta_m \quad (2.10)$$

На відміну від системи рівнянь (2.4), похідна системи рівнянь дана в звичайній кількості. Система рівнянь має аналітичні рішення.

Отже, запишемо перший елемент лівої частини рівняння (2.10) як функцію координат і отримаємо математичну модель динаміки температурного режиму у вигляді:

$$\begin{cases} \frac{m_k c_k}{\alpha_e f_e + \alpha_k f_k} \frac{\partial \Theta_k}{\partial \tau} + \Theta_k = \frac{P}{\alpha_e f_e + \alpha_k f_k} - \frac{\alpha_e f_e}{\alpha_e f_e + \alpha_k f_k} \Theta_m + \frac{\alpha_s f_s}{\alpha_e f_e + \alpha_k f_k} t_s; \\ \frac{m_m c_m}{\alpha_k f_k + \alpha_h f_h} \frac{\partial \Theta_m}{\partial \tau} + \Theta_m = -F(x, G, \Theta_k) + \frac{\alpha_k f_k}{\alpha_k f_k + \alpha_h f_h} \Theta_k - \frac{\alpha_h f_h}{\alpha_k f_k + \alpha_h f_h} \Theta_m; \\ \frac{m_h c_h}{\alpha_h f_h} \frac{\partial \Theta_h}{\partial \tau} + \Theta_h = \Theta_m; \end{cases} \quad (2.11)$$

Для спрощення математичного опису припустимо, що температура поверхні гвинтового циліндра дорівнює температурі матеріалу, і додамо теплоємність гвинта до теплоємності матеріалу: $m c = m_m c_m + m_h c_h$.

Введемо позначення:

$$T_k = \frac{m_k c_k}{\alpha_e f_e + \alpha_k f_k}; \quad a_1 = \frac{\alpha_e f_e + \alpha_k f_k}{\alpha_e f_e}; \quad a_1' = \frac{P + \alpha_k f_k t_s}{\alpha_e f_e}; \quad T_m = \frac{m_m c_m + m_h c_h}{\alpha_k f_k}; \quad a_2 = 1; \\ b_2 = \alpha_e f_e (a - (1-b)\Theta_m) e^{-\frac{(1-b)\alpha_e f_e x}{GcL}} = b_2(x).$$

Тоді перше та друге рівняння системи (2.11) запишемо у вигляді:

$$T_k \frac{d\Theta_k}{d\tau} + a_1 \Theta_k - b_1 = \Theta_m \quad (2.12)$$

$$T_m \frac{d\Theta_m}{d\tau} + \Theta_m - b_2(x) = \Theta_k \quad (2.13)$$

Зводимо рівняння (2.12) і (2.13) до одного:

$$T_k T_m \frac{d^2 \Theta_m}{d\tau^2} + (T_k + a_1 T_m) \frac{d\Theta_m}{d\tau} + (a_1 + 1) \Theta_m = a_1 b_2(x) \quad (2.14)$$

Отримаємо рівняння (2.15), що є розв'язком неоднорідного диференціального рівняння (2.14) ($\tau = 0$; $\Theta_m = \Theta_{m0}$, $d\Theta_m/d\tau = 0$ - початкові умови де Θ_{m0} - початкове значення температури пластмаси).

$$\Theta(\tau, x) = \frac{\Theta_{m0} - D_1(x)}{C(r_1 - r_2)} (r_1 e^{r_2 \tau} - r_2 e^{r_1 \tau}) + \frac{D_1(x)}{C} \quad (2.15)$$

де: $r_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$ - корені характеристичного рівняння; $A = r_1 T_m$,

$B = T_c + a_1 T_m$; $c = a_1 - 1$; $D_1(x) = a_1 b_2(x)$.

Рівняння зміни температури корпусу (2.16).

$$\Theta_c(\tau, x) = \frac{C\Theta_{c0} - D_2(x)}{C(r_1 - r_2)} (r_1 e^{r_2 \tau} - r_2 e^{r_1 \tau}) + \frac{D_2(x)}{C} \quad (2.16)$$

де: $D_2(x) = a_1 b_2(x)$.

За отриманими рівняннями побудуємо розгінну характеристику циліндра гермондаставтомату (рис. 2.7).

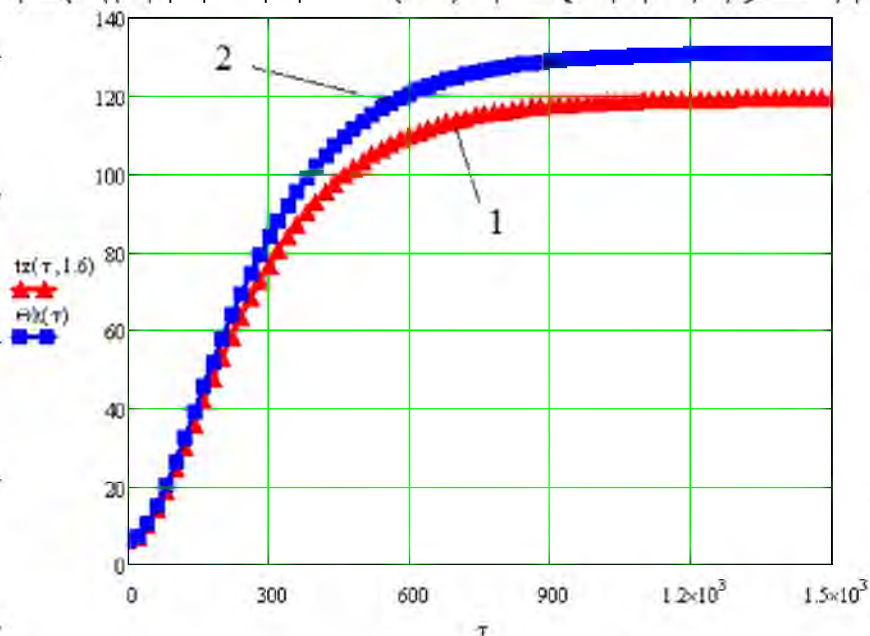


Рис. 2.3. Розподіл температури матеріалу (пластмаси) (1) та корпусу циліндра(2) при сталому режимі ($\Theta_k, ^\circ\text{C}$; $t_z, ^\circ\text{C}$; x, m)

В результаті математичної моделі управління температурної області в циліндрі форсунки розкриває можливість підвищення ефективності циліндра двигуна.

2.2 Аналіз динаміки об'єкта керування та визначення його передатної функції

В результаті передавальна функція "циліндра термопластавтомата температурного каналу" гаряче повітря в термопластавтоматі" визначається графічним методом [1].

Розгінну характеристику (рис. 2.21), була розроблена отримана за допомогою математичних моделей, зміни температури повітря в циліндрі двигуна уприскування, нормована за формулою

$$y(t_i) = \frac{y(t_i) - y(t_0)}{y(\infty) - y(t_0)} = \frac{y(t_i) - 6}{120 - 6} \quad (2.17)$$

Результати розрахунку занесені в таблицю 2.21, нормована крива розгону циліндра термопластавтомату зображена на рис. 2.21.

Таблиця 2.1
Розрахункові дані для побудови нормованої розгінної характеристики циліндра термопластавтомата

Час t_i, c	Температура корпусу $T, ^\circ C$	$y(t_i)$	Час t_i, c	Температура корпусу $T, ^\circ C$	$y(t_i)$
0	6,00	0	800	174,67	0,895
50	8,23	0,051	850	175,27	0,911
100	42,16	0,149	900	166,92	0,925
150	68,70	0,253	950	177,10	0,935
200	75,53	0,349	1000	178,48	0,949
250	80,31	0,436	1050	180,76	0,966
300	105,04	0,512	1100	193,26	0,970
350	114,78	0,578	1150	194,48	0,973
400	128,65	0,636	1200	195,61	0,979
450	135,76	0,686	1250	196,15	0,985
500	143,20	0,730	1300	197,62	0,989
550	158,06	0,768	1350	198,88	0,993
600	160,42	0,801	1400	200,00	0,997
650	162,34	0,829	1450	200,00	1,000
700	163,88	0,854	1500	200,00	1,000

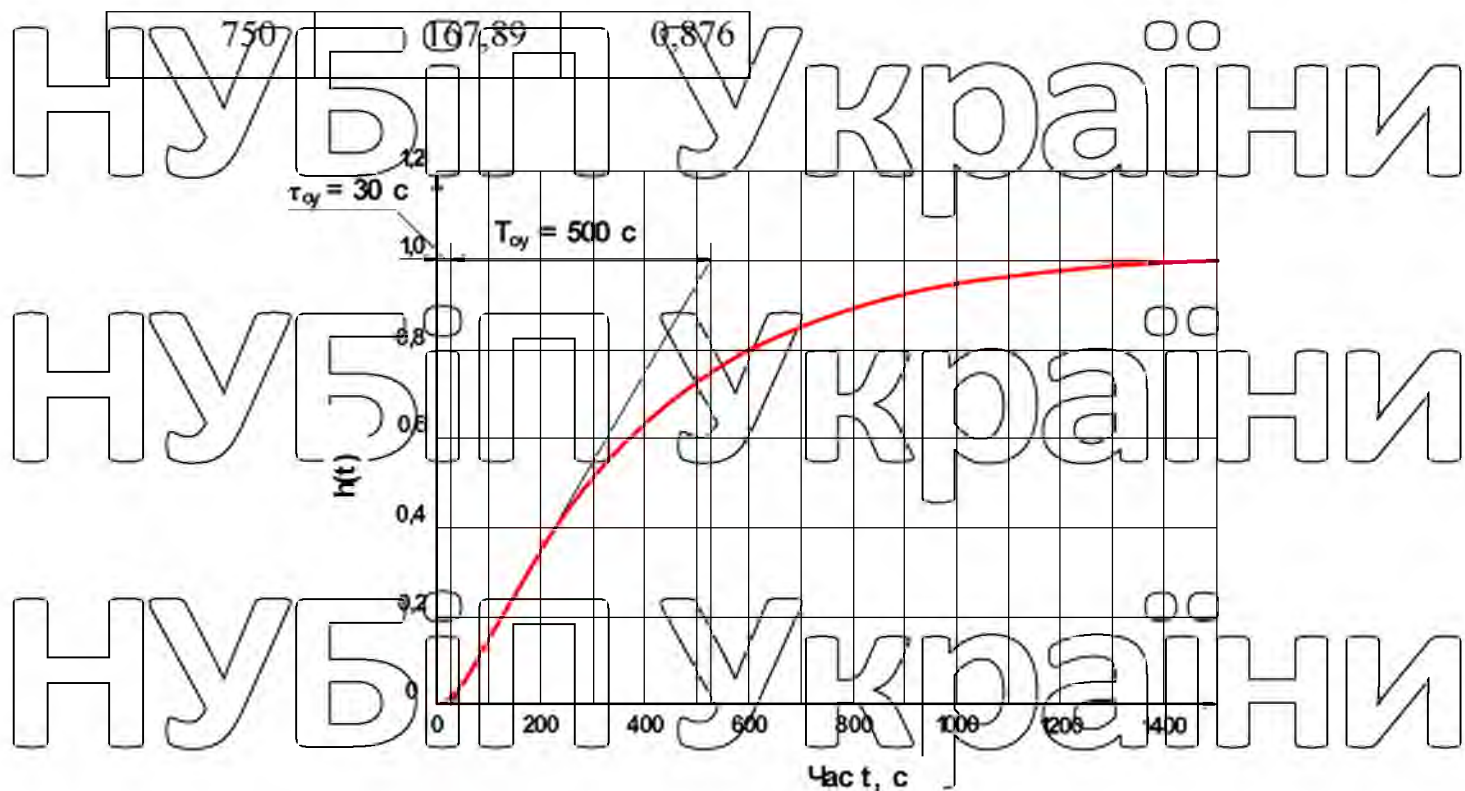


Рис. 2.1. Нормована розгінна характеристика циліндра термопластавтомату по каналу «потужність нагрівача – температура повітря в циліндрі термопластавтомату»

Передатна функція циліндра термопластавтомату, отримана за кривою розгону, це інерційна ланка із запізненням (рис. 2.25).

$$W(s) = \frac{k_{oy} \cdot e^{-\tau_{oy}s}}{T_{oy}s + 1} \quad (2.18)$$

де k_{oy} – коефіцієнт передачі об'єкта; T_{oy} – постійна часу об'єкта, що характеризує його інерційність, с; τ_{oy} – час чистого запізнення, с.

Постійна часу і помери тимчасової затримки об'єктів, знайдених з використанням дотичних, які зроблені в точці перегину характеристики прискорення (рис. 2.21). Точка перегину відповідає середині тимчасового інтервалу, в якому спостерігається максимальне збільшення координат кривої прискорення.

Коефіцієнт передачі контрольованого об'єкта визначається рівнянням (2.26).

$k_{ov} = \frac{T_k - T_n}{P_k - P_n} \quad (2.19)$
 де T_k та T_n – кінцева та початкова температура корпусу циліндра термопластавтомату, °C;

P_k та P_n – кінцеве та початкове відносне значення споживаної потужності

електричного нагрівача, що відповідають значенням температури T_k та T_n , %.

$T_k = 120^\circ\text{C}, T_n = 6^\circ\text{C}; P_k = 100\%, P_n = 0\%$.

Оскільки значення постійної часу і тимчасової затримки мережі визначаються характеристиками прискорення нормалей до машини для лиття під

тиском.

$T_{ov} = 500\text{c}, \tau_{ov} = 30\text{c}$.
 Функція об'єму циліндра ливарної машини, через канал управління

"температура нагрітого повітря в ливарній машині"

$k_{ov} = \frac{200 - 6}{170 - 0} = 1,14$ [% потужності]
 $W_{ov}(s) = \frac{1,14}{500 \cdot s + 1} e^{-30 \cdot s}$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

2.3 Функціональна схема автоматизації системи керування температурою в термопластавтоматі

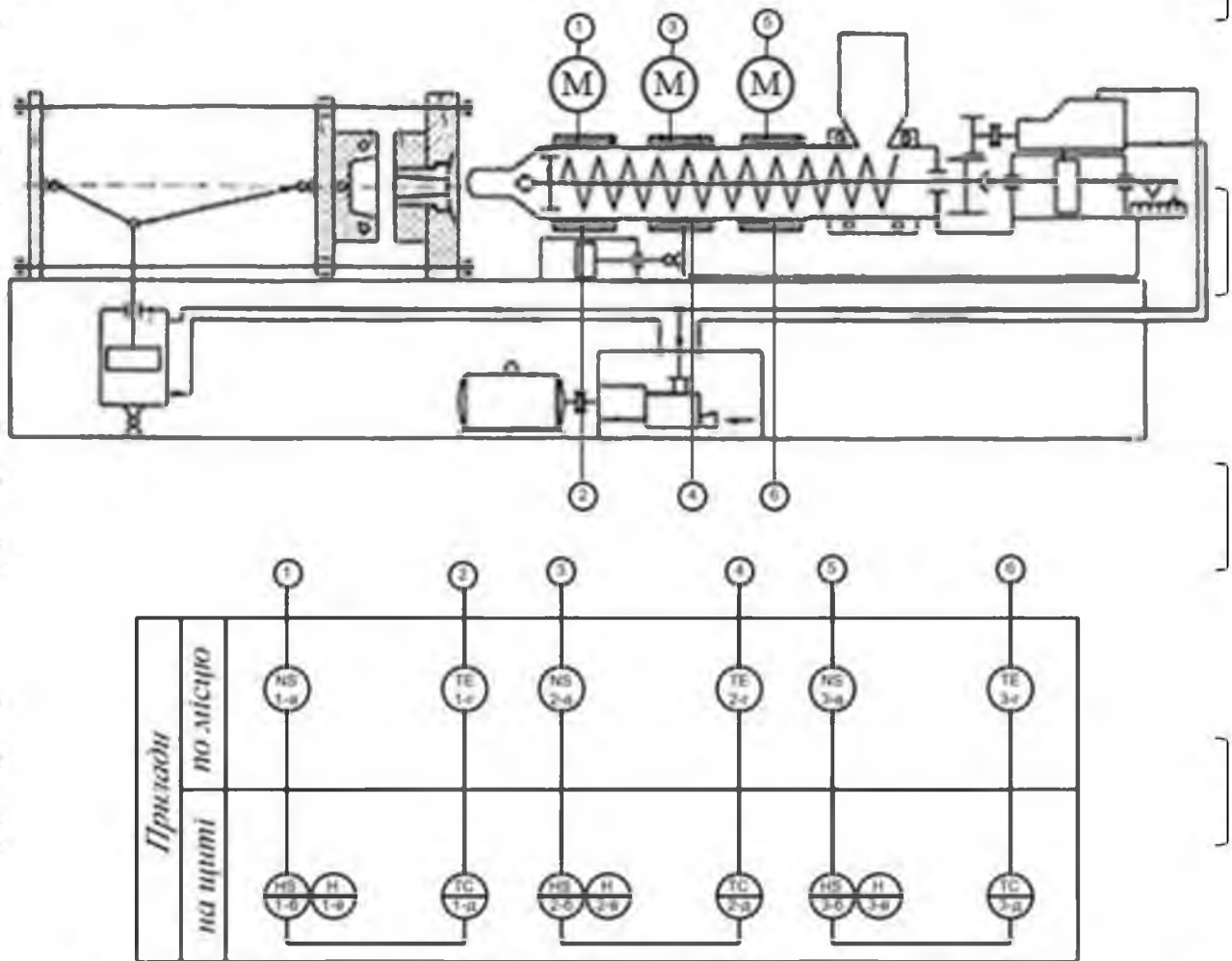


Рис. 2.1 Функціональна схема автоматизації системи керування температурним режимом в циліндрі термопластавтомату. NS – регулятор потужності; HS – перемикач режиму роботи; Н - ручне керування (кнопка); TE – датчик температури; TC – регулятор температури.

Опис:

1. Керування температурним режимом в першій секції циліндру термопластавтомату

Для керування температурним режимом в першій секції циліндру термопластавтомату використовується термометр опору поз.1-г, що підключений до регулятора поз.1-д, регулююча дія якого у вигляді напруги постійного струму величиною 24 В підводиться до регулятора потужності поз.1-

а, що подаватиме напругу на нагрівач, який почне включатися або виключатися з метою стабілізації температури повітря в першій секції циліндру.

Оператор вручну натисканням кнопки поз.1-в подасть живлення магнітному пускачу поз.1-а, який запустить привід нагрівача, який працюватиме, стабілізуючи температуру повітря.

2. Керування температурним режимом в другій секції циліндру термопластавтомату

Для керування температурним режимом в першій секції циліндру термопластавтомату використовується термометр опору поз.2-г, що підключений до регулятора поз.2-д, регулююча дія якого у вигляді напруги постійного струму величиною 24 В підводиться до магнітного пускача поз.2-а, що включить нагрівач, який почне включатися або виключатися з метою стабілізації температури повітря в першій секції циліндру.

Оператор вручну натисканням кнопки поз.2-в подасть живлення магнітному пускачу поз.2-а, який запустить привід нагрівача, який працюватиме, стабілізуючи температуру повітря.

3. Керування температурним режимом в третій секції циліндру термопластавтомату

Для керування температурним режимом в першій секції циліндру термопластавтомату використовується термометр опору поз.3-г, що підключений до регулятора поз.3-д, регулююча дія якого у вигляді напруги постійного струму величиною 24 В підводиться до магнітного пускача поз.3-а, що включить нагрівач, який почне включатися або виключатися з метою стабілізації температури повітря в першій секції циліндру.

Оператор вручну натисканням кнопки поз.3-в подасть живлення магнітному пускачу поз.3-а, який запустить привід нагрівача, який працюватиме, стабілізуючи температуру повітря.

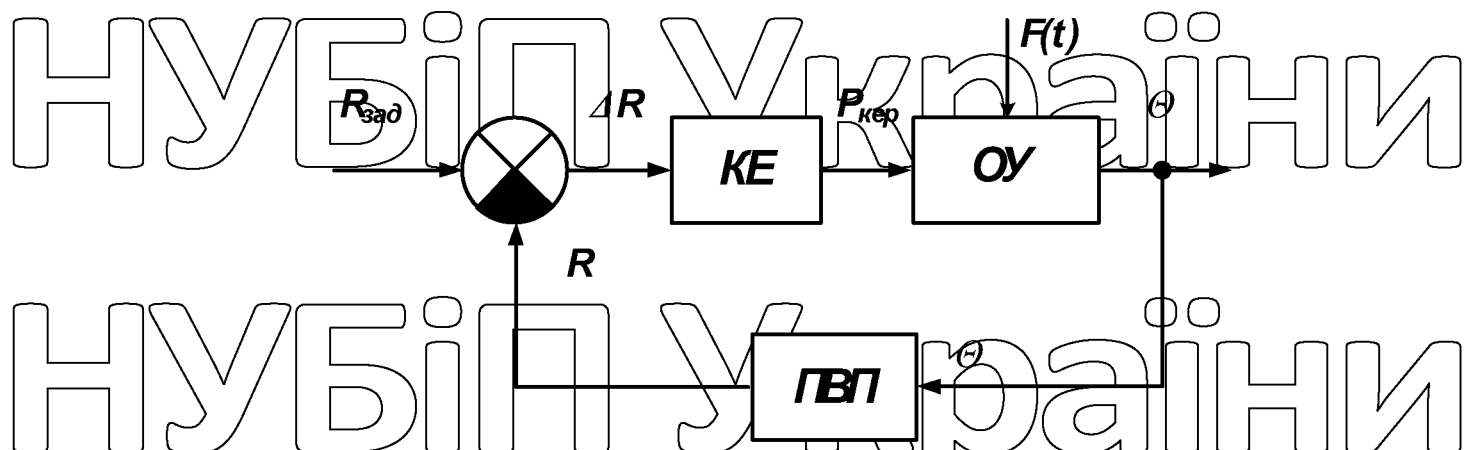


Рис. 2.5 Функціональна схема САР температури циліндрі

термопластавтомату: КЕ – керуючий елемент; ВЕ – виконавчий елемент; ОУ – об’єкт управління; ПВП – первинний вимірювальний перетворювач; $R_{зад}$ – задане значення температури; $\Delta R = R_{зад} - R$; U – напруга керування.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ В ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТЕ

3.1 Вибір алгоритму керування та визначення параметрів настройки регулятора

Критерієм вибору алгоритму управління є значення відношення тривалості часу повтору, що стирає постійну часу [1]. Передавальна функція статичного об'єкта виражається виразом (3.22). При виборі типу контролера

рекомендується орієнтуватися на значення відношення тривалості часу очікування до постійної часу управління об'єктом $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}}$:

- якщо $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} < 0,2$, позиційний алгоритм керування;

- якщо $0,2 < \frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} < 1,0$, неперервний або цифровий алгоритм (П-, ПП- або ППД-алгоритм керування);

- якщо $\frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} > 1,0$, цифровий регулятор із екстраполятором, який компенсує запізнювання в контурі керування.

Передатна функція термопластавтомату для каналу «потужність нагрівача – температура повітря в циліндрі термопластавтомату»

$$W_{ov}(s) = \frac{1,14}{500 \cdot s + 1} \cdot e^{-30 \cdot s}, \text{ відношення } \frac{\tau_{ov}}{T_{ov}} = \frac{30}{500} = 0,06.$$

Відповідно до цього методу необхідно вибрати закон управління дією позиції. Але в процесі виготовлення пластикових деталей машини для змішування палива відповідно до вимог технології її можна використовувати для підтримки стабільної температури, без великих коливань.

Перехідний процес в САК характеризується часом регулювання t_p , перерегулюванням σ , максимальним динамічним відхиленням u_1 та статичною похибкою.

САК прийнято настроювати одним із трьох типових перехідних процесів: аперіодичний, із 20%-м перерегулюванням, із мінімальним інтегральним показником якості.

Вибір алгоритму управління машиною, прес-формою для лиття під тиском, для визначення коефіцієнта динамічного управління.

Для статичних об'єктів:

$$R_d = \frac{y_1}{k_{OU} \cdot y_{МАКС}}, \quad (3.1)$$

де k_{OU} – коефіцієнт передачі об'єкту керування, $k_{OU} = 1,14$;

$y_{МАКС}$ – максимально допустиме збурення по навантаженню в % ходу РО, $y_{МАКС} = 30\%$;

y_1 – максимальне динамічне відхилення, $y_1 = 50\text{С}$;

За вихідними значеннями величина динамічного коефіцієнту

$$R_d = \frac{5}{1,14 \cdot 30} = 0,16. \quad (3.2)$$

Вибираємо для термопластавтомату перехідний процес із 20%-м перерегулюванням.

За графічними залежностями [21], визначаємо алгоритм керування – це ПІ-алгоритм.

Перевіримо, чи забезпечується при цьому необхідний час регулювання за умовою

$$t_p = \psi \cdot \tau_{OB} \leq t_{РЕГ.ЗАД}. \quad (3.3)$$

де ψ – відносний час регулювання, для ПІ-закону регулювання з типовим перехідним процесом з 20%-вим перерегулюванням $\psi = 12,0$ [1];

τ_{OB} – час запізнення об'єкта управління, $\tau_{OB} = 30\text{с}$;

$t_{РЕГ.ЗАД}$ – найбільше значення часу регулювання, обумовлений технологічними вимогами, $t_{РЕГ.ЗАД} \leq 500\text{с}$ [25].

$$t_p = 12,0 \cdot 30 = 360\text{с}, \quad 360\text{с} < 500\text{с}.$$

Умова 2.28 виконується, вибираємо ПІ-закон керування.

Передатна функція регулятора, що реалізує ПІ-закон керування

$W_{PI}(s) = k_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s}\right)$ (3.4)

На стадії проектування виробництво робіт-приводить до трьох інженерних технологій:

- Амплітуда заданої коливальності;
- Задана частота коливальності;
- Вказана першопричина коливальності.

Параметри настройки ПІ-регулятора для керування нагрівом циліндра термопластавтомата виконаємо за першою методикою.

Для розімкненої системи з ПІ-регулятором запишемо:

$$W_{роз}(j\omega) = k_p \left[1 - (j/T_i \cdot \omega) \cdot W_{ов}(j\omega)\right] = k_p \cdot W_{ов}(j\omega) \cdot \left[1 - \frac{j}{T_i \cdot \omega}\right] \quad (3.5)$$

Підключаємо ПІ-регулятор до об'єкта (циліндра термопластавтомату), кожний вектор збільшуватиметься в k_p раз і до нього ще додаватиметься вектор $[k_p W_{ов}(j\omega)]/T_i \cdot \omega$ (рис. 3.41).

Для забезпечення заданого запасу стійкості системи за модулем C при різних співвідношеннях k_p та T_i необхідно, щоб АФЧХ розімкненої системи проходила через точку D з координатами $((1-C), j0)$, тобто вектор $\overline{OE_1}$ має описати у третьому квадранті комплексної площини геометричне місце точок - півколо, радіус якого становить $(1-C)/2$, а центр міститься в точці з координатами $(-(1-C)/2, j0)$ (рис. 3.2).

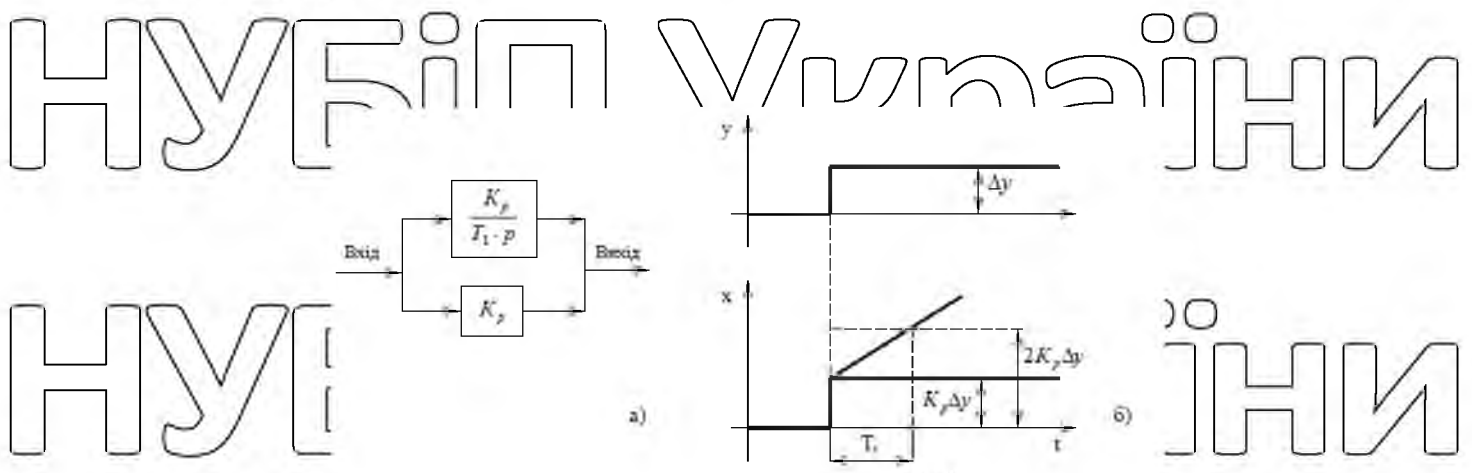


Рис 3.1. Крива розгону пропорційно-інтегрального регулятора:

а) структурна схема, б) розгінна характеристика

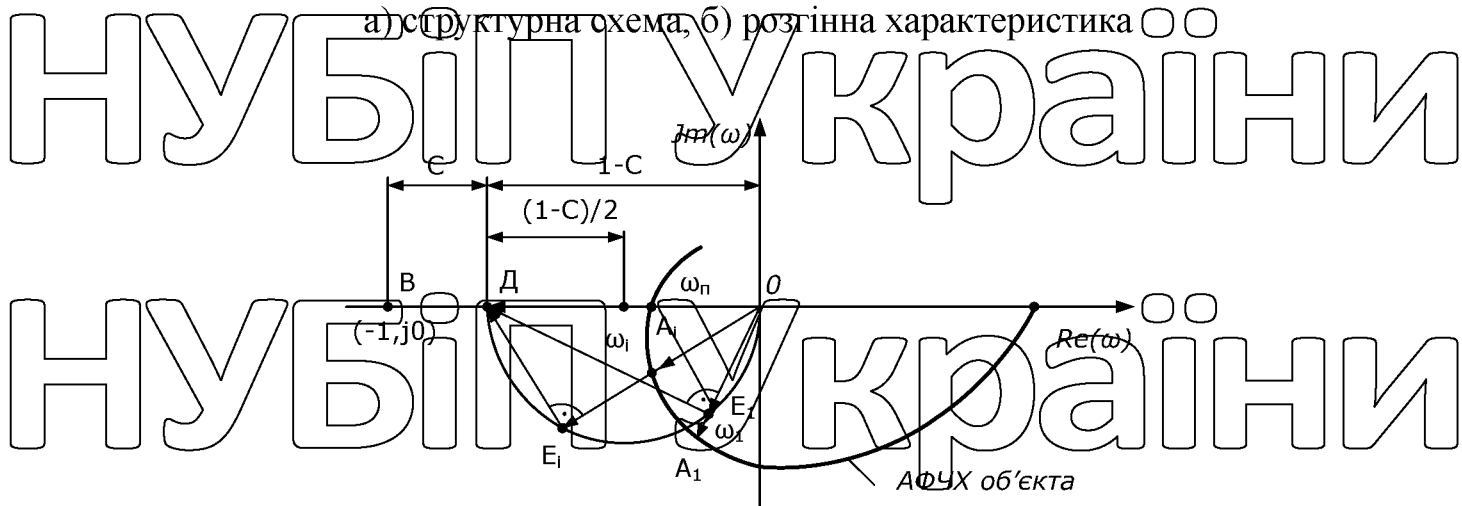


Рис 3.2. Методика розрахунку параметрів ПІ-регулятора за умов обмеження системи на заданий запис стійкості за амплітудою

Значення параметрів K_p і T_i (запас стійкості за амплітудою C) знаходимо за виразами:

$$\begin{aligned} \overline{OD} = W(j \cdot \omega_i) = \overline{OE_i} - \overline{ED_i} &= k_p \cdot W_{OY}(j \cdot \omega) - \frac{k_p \cdot W_{OY}(j \cdot \omega)}{T_i \cdot \omega} = \\ &= k_p \cdot \overline{OA_i} - j \cdot \frac{k_p \cdot \overline{OA_i}}{T_i \cdot \omega} \end{aligned} \quad (3.6)$$

Звідки

$$\overline{OE_i} = k_p \cdot \overline{OA_i}, \quad k_p = \frac{\overline{OE_i}}{\overline{OA_i}} \quad (3.7)$$

$$\overline{ED_i} = \frac{k_p \cdot W_{OY}(j \cdot \omega)}{T_i \cdot \omega_i} = \frac{\overline{OE_i}}{T_i \cdot \omega_i}, \quad (3.8)$$

$$T_i = \frac{\overline{OE_i}}{\omega_i \cdot \overline{ED_i}} \quad (3.9)$$

Векторні співвідношення перетворюються на скалярні.

Розрахуємо параметри ПІ-регулятора у математичному пакеті Mathcad

(амплітудний показник коливальності $C=0.45$).

$$r = \frac{1-C}{2}, \quad d = 2 \cdot r \quad (3.10)$$

де d – діаметр кола; r – радіус кола; C – показник коливальності.

Передатна функція термoplastавтомата

$$W_{0y}(s) = \frac{114}{500 \cdot s + 1} e^{-30 \cdot s}$$

Будуємо годограф АФЧХ (рис. 3.43).

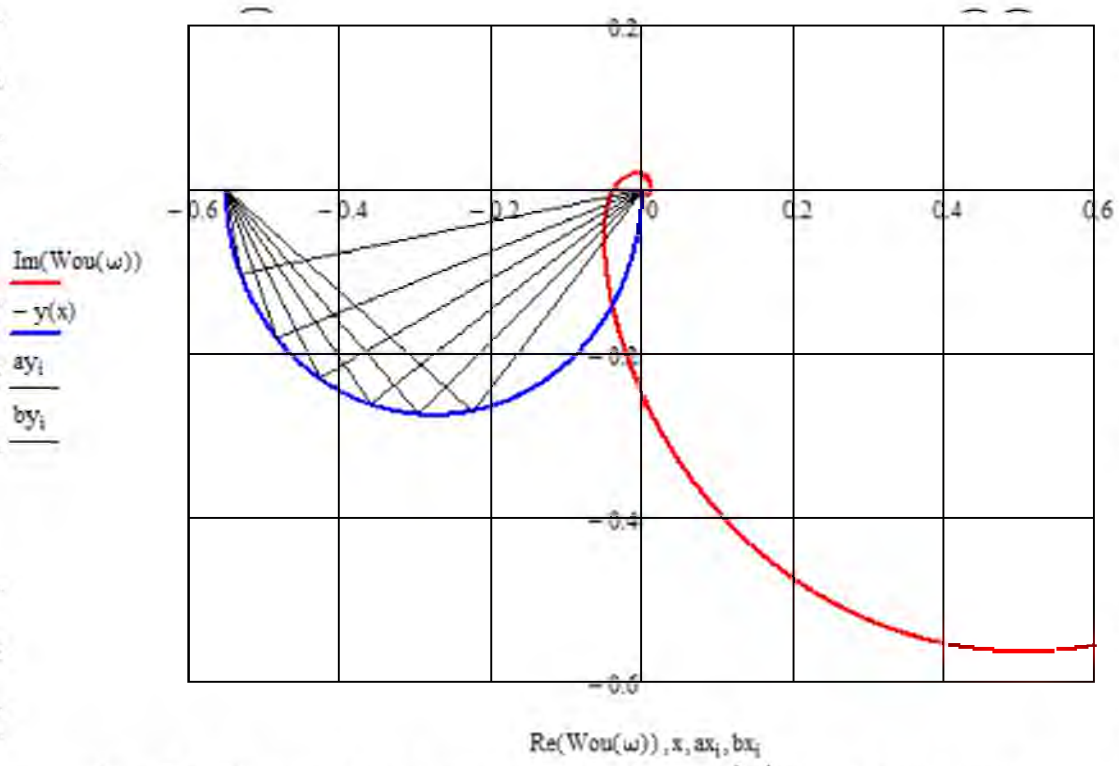
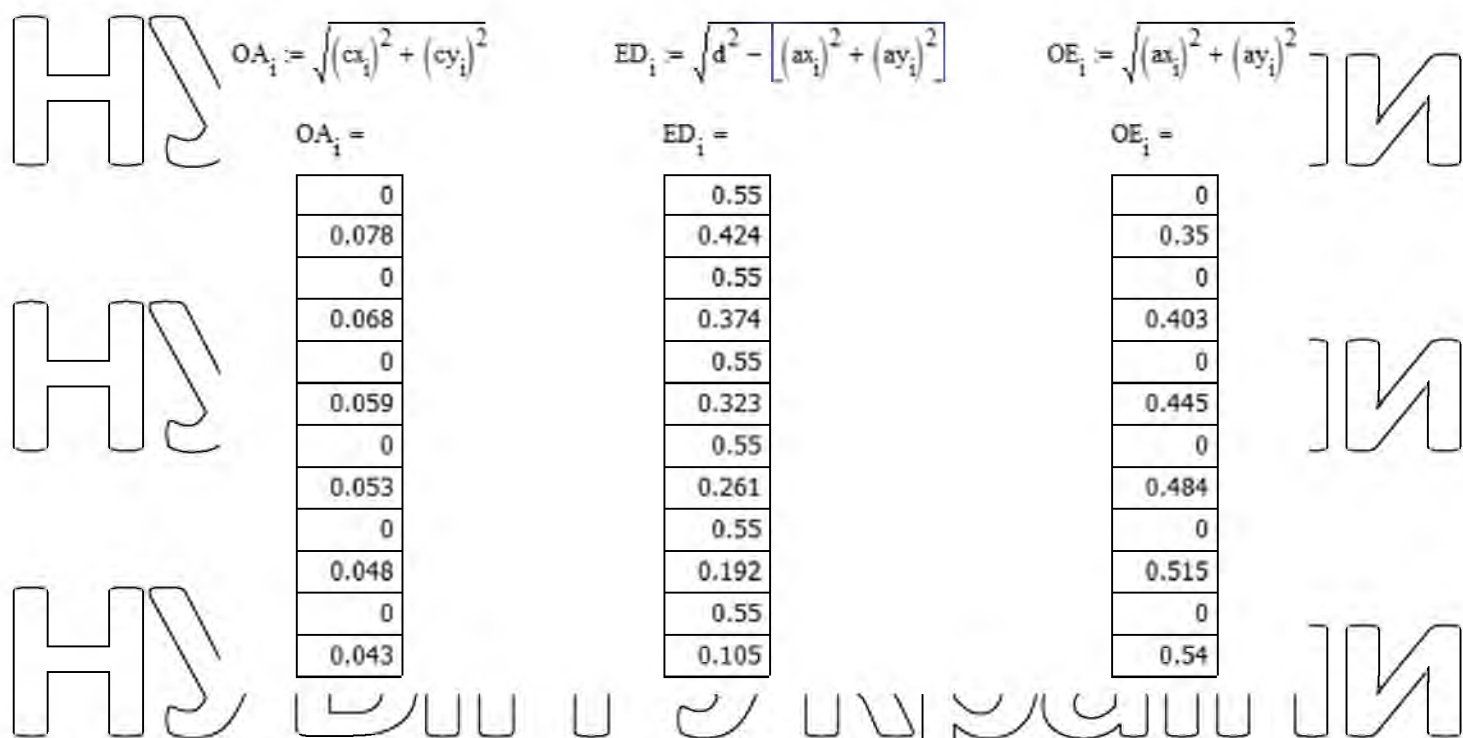


Рис 3.3. Розрахунок параметрів ПІ-регулятора (обмеження системи на заданий запас стійкості за амплітудою)

Визначаємо довжину відрізків ОА, ОЕ, ОВ.



Визначаємо частоти, при яких відбувається перетин АФЧХ та відрізків (рис. 3.44).

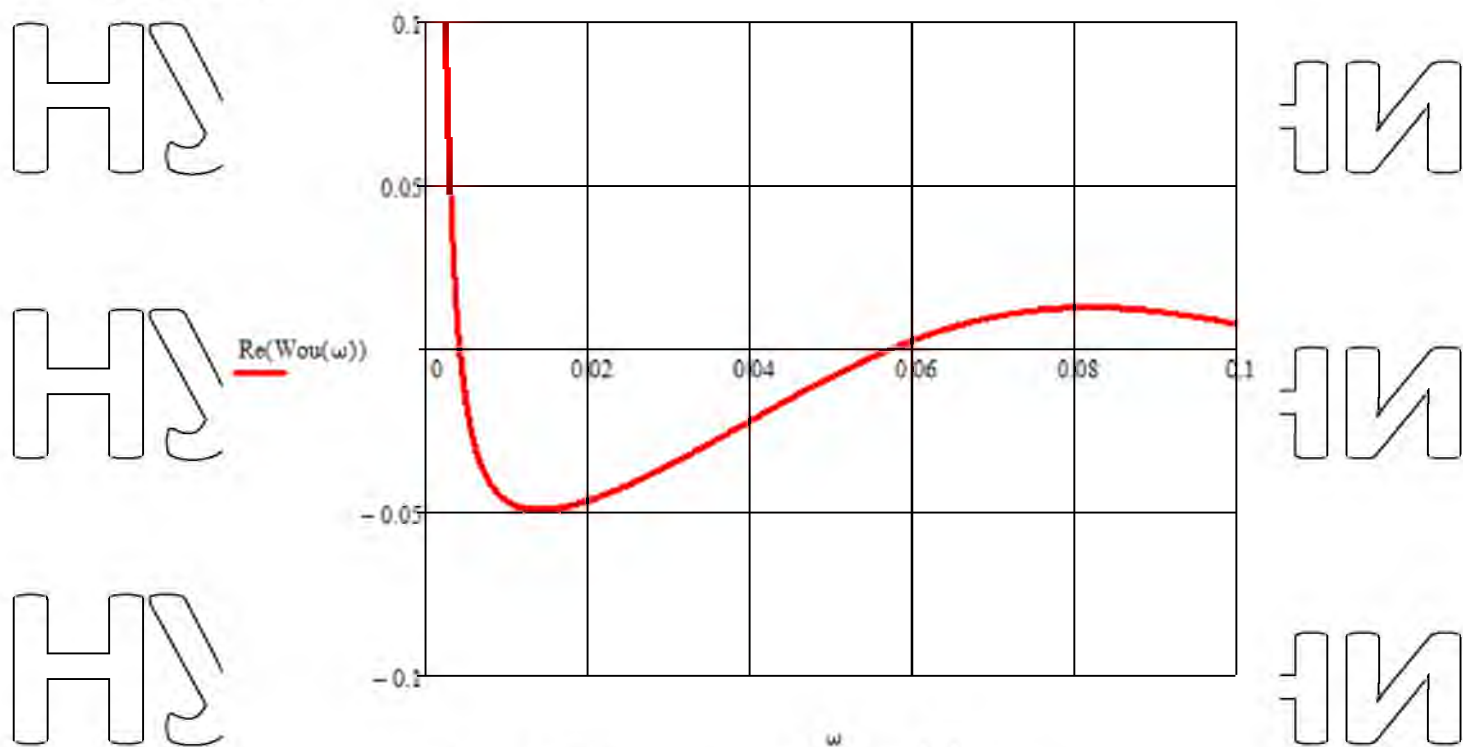


Рис 3.4. Визначення частот (перетин АФЧХ та відрізків)

НУБІП України

Re(Wou(ω))

$\alpha_i :=$	$\omega_i :=$	$OA_i =$	$ED_i =$	$OE_i =$	$\omega_i :=$
-0.049	0.0138	0.078	0.424	0.35	0.0138
-0.0488	0.0156	0.068	0.374	0.403	0.0156
-0.0478	0.0179	0.059	0.323	0.445	0.0179
-0.0462	0.0202	0.053	0.261	0.484	0.0202
-0.0443	0.0223	0.048	0.192	0.515	0.0223
-0.0418	0.0248	0.043	0.105	0.54	0.0248

Визначаємо параметри настройки регулятора K_p та T_{iz} .

$$K_{p_i} := \frac{OE_i}{OA_i} \quad T_{iz_i} := \frac{OE_i}{\omega_i \cdot ED_i} \quad Opt_par := \frac{K_p}{T_{iz}}$$

$K_{p_i} =$	$T_{iz_i} =$	$Opt_par_i =$
4.476	59.832	0.075
5.953	69.15	0.086
7.515	77.036	0.098
9.132	91.824	0.099
10.78	120.474	0.089
12.491	207.661	0.06

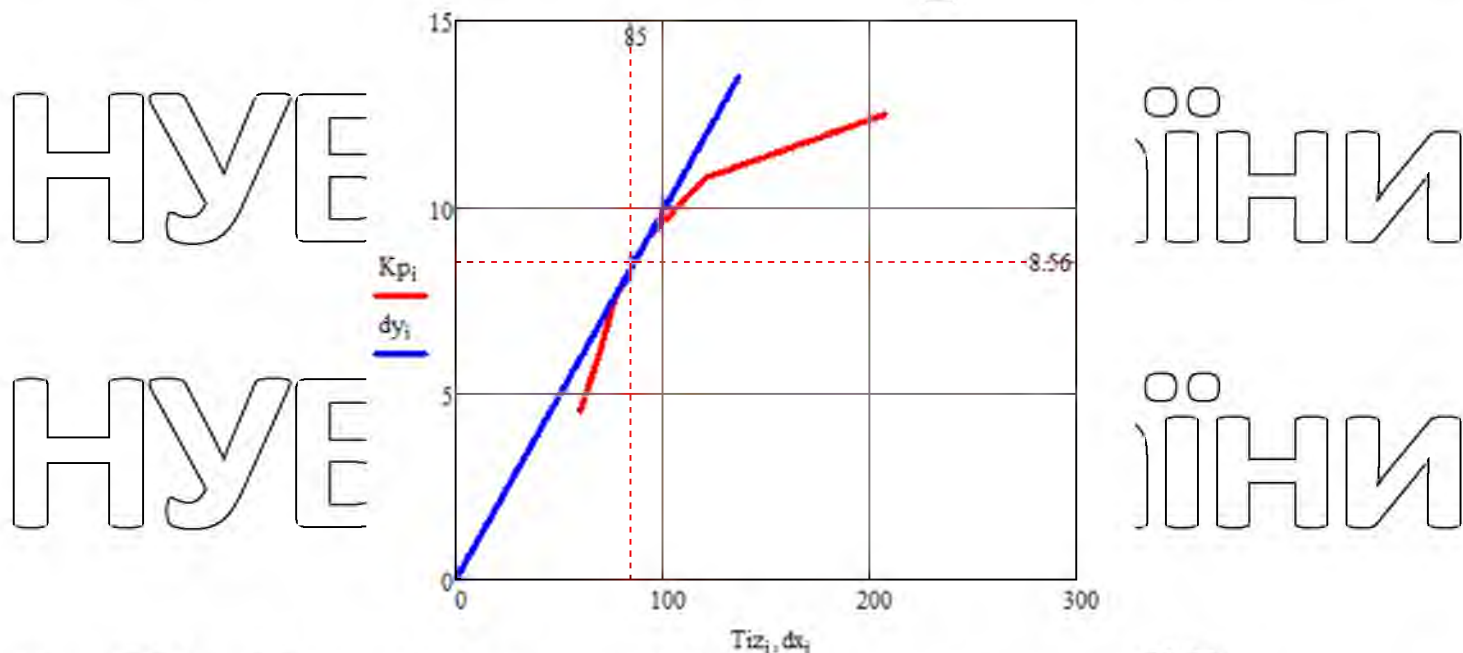


Рис. 3.5. Визначення параметрів настройки ПІ-регулятора

Оптимальні параметри k_p і T_i можуть бути знайдені у разі проведення дотичної з початку координат до лінії межових співвідношень (осьми координат з k_p та T_i на рис. 3.45). Будуємо лінію межових співвідношень та дотичну до неї.

$$k_p = 8,56, T_i = 85 \text{ с.}$$

Передатна функція ПІ-регулятора

$$W_{III}(s) = 8,56 \cdot \left(1 + \frac{1}{85 \cdot s}\right).$$

3.2 Вибір регулятора САР температури в циліндру термопластоавтомату

Ми вибираємо контролер ОВЕН ПЛК110 з універсальною роботою ПЛК для регулювання температури корпусу циліндра. Відображається зовнішній вигляд пристрою на рис. 3.6.



Рис.3.6. ПЛК 110 ОВЕН

применяется для построения распределенных систем управления и диспетчеризации с использованием как проводных, так и беспроводных технологий

Параметр	Показник
Живлення	
Номінальна напруга живлення: ПМ210-230 ПМ210-24	230 В, 50 Гц =24 В
Діапазон напруги живлення: ПМ210-230 ПМ210-24	85...264 В, 45...65 Гц =10...48 В
Споживана потужність: - у режимі встановлення GSM – з'єднання ПМ210-230 ПМ210-24 - у режимі передачі даних ПМ210-230 ПМ210-24	10 ВА 6 Вт 5 ВА 4 Вт
Інтерфейси	
Інтерфейс обміну	RS-485
Швидкість	від 1200 до 115200 біт/с
GSM	
Діапазон робочих частот	EGSM900, DCS1800
Клас вихідної потужності передавача	4 (EGSM900) 1 (DCS1800)
Режим передачі даних	GPRS (class B) SMS (для конфігурування)
Протоколи, що підтримуються	TCP, DNS
Тип ідентифікації модуля абонента, кількість	Mini SIM (1)
Тип антени	Зовнішня, роз'єм SMA
Макс. довжина кабелю антени	3 м
Умови експлуатації	
Температура навколишнього середовища	-45...+55°C
Відносна вологість повітря	не більше 80% (+25°C без конденсації вологи)
Габаритні розміри	90x62x53,6мм (без антени)
Ступінь захисту корпусу	IP20
Середній строк служби	10 років

3.3 Вибір сприймаючого елементу

Основні вимоги, що висуваються до первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП):

- лінійність статичної характеристики;
- висока чутливість;
- стабільність характеристик у часі;
- швидкодія;

Етапи вибору первинних вимірювальних перетворювачів:

1. За типом контрольованого параметра об'єкта управління визначається різновид ПВП;
2. За каталогами, знаходять типовозмір ПВП (після вибору всіх елементів регулятора).

У його дослідженні слід звернути особливу увагу на швидкість (постійну часу) ПВП, яка контролюється значенням і рекомендується вибирати її таким чином, щоб обмеження охоплювало широкий діапазон значень, які можуть бути підключені до електронного управління.

Так, при обґрунтуванні вибору ПВП температури циліндра термопластавтомату необхідно в першу чергу звернути увагу на те, вимірювання якого діапазону зміни температури відповідно до технологічних умов він повинен забезпечити.

Діапазон зміни температури в циліндре термопластавтомату знаходиться у межах $+150...+250^{\circ}\text{C}$ (при заданій температурі $180...+200^{\circ}\text{C}$).

Постійна часу ПВП $T_{\text{ПВП}}$ повинна бути меншою від постійної часу об'єкта $T_{\text{об}}$ (недопущення динамічної похибки вимірювання).

Постійна часу об'єкту $T_{\text{об}} = 500\text{ c}$.

Постійна часу сприймаючого елементу повинна бути не більше $\frac{500}{10} = 50\text{ c}$

Враховуючи вимоги за діапазоном вимірювання та інерційністю, для вимірювання температури циліндра термопластавтомату обраний

термоперетворювач Опору ТСП-1088-50М-В-3-60-40-Р4 (-200...+500°C) (ТУ 25-7363.042-90) (рис. 3.7), технічні характеристики якого наведені в таблиці 3.2.

Термоперетворювач ТСМ-1088 відповідає вимогам ДСТУ 1858-94 (ГОСТ 6651-94).



Рис. 3.7. Зовнішній вигляд термоперетворювача ТСП-1088

За динамічними властивостями ПВП це інерційна ланка.

Передатна функція ПВП.

$$W_{\text{ПВП}}(s) = \frac{k_{\text{ПВП}}}{T_{\text{ПВП}} \cdot s + 1}$$

Коефіцієнт передачі $k_{\text{ПВП}}$, визначається за формулою:

$$k_{\text{ПВП}} = \frac{\Delta R}{\Delta T} = \frac{330,200 - 180,550}{500 - (-200)} = 0,214 \frac{\text{Ом}}{^\circ\text{C}}, \quad (3.11)$$

де ΔT – різниця значень температур в робочому діапазоні, °C; ΔR – різниця опорів, що відповідає значенням температур в робочому діапазоні, Ом.

Таблиця 3.2

Основні технічні характеристики термоперетворювача опору ТСП-1088

Номінальна статична характеристика датчика	50М
Відношення опору чутливого елемента при 100°C до опору при 0°C	$W_{100} = 1,428$
Діапазон вимірюваних температур, °C	200...+500
Діапазон зміни опору датчика, що відповідає діапазону змінюваних температур, Ом	180,550...330,200
Схема підключення датчика за ДСТУ 2858-94 (ГОСТ 6651-94)	- двохпровідна - трьохпровідна
Струм, мА	1
Довжина монтажної частини, мм	60
Довжина зовнішньої частини, мм	40
Клас допуску	В
Допустиме відхилення вимірюваної температури, °C	$\pm(0,25+0,0035 t)$
Показник теплової інерції, с	10
Ступінь захисту від зовнішніх факторів за ГОСТ 14254-96	IP65
Матеріал захисної арматури	Сталь 12Х18Н10Т
Матеріал головки термометра опору	пресматеріал АГ-4В
Шифр датчика ТСП-1088-50М-В-3-60-40-Р4 (-50...+180)	
Позначення конструкторської документації ААЭИ.405212.088	

Показник теплової інерції сприймаючого елемента складає $T_{ПВП} = 10$ с (таблиця 3.2), передатна функція датчика ТСП-1088

$$W_{ПВП}(s) = \frac{k_{ПВП}}{T_{ПВП} \cdot s + 1} = \frac{0,214}{10 \cdot s + 1}$$

3.4 Вибір виконавчого механізму та регулюючого органу



Рис. 3.8. регулятора потужності DRU3 MEYERTEC

Таблиця 3.3.

Технічні характеристики регулятора потужності DRU3 MEYERTEC

Параметр	Показник
Живлення	
Діапазон напруги живлення від прифазної мережі змінного струму	200...440 В (номінальне значення 400 В)
Частота напруги живлення	47...63 Гц
Аналоговий вхід	
Тип входу	0...20 мА, 4...20 мА 0...5 В, 0...10 В, 1...5 В, 1...10 В
Основна привведена похибка, не більше	1%
Номинальне значення вхідного опору	- не менше 10 кОм (0...10 В) - не менше 30 кОм (0...5 В) - не менше 300 Ом (0...20 мА)
Дискретний вхід	
Тип входу	логічний
Призначення	Аварійний "стоп"
Дискретний вихід	
Тип виходу	"Сухий контакт"
Тип керування	
DRU3-25/40/75/100	Нормальне значення
DRU3-125/150/200	Перекидний
Тип навантаження	Резистивне
Максимальний струм комутації	1 А
Максимальна напруга комутації	*125 В, =30 В
Силовий вихід	
Тип силових ключів	Тристорні
Номинальний вихідний струм	16...125 А (залежно від модифікації)
Максимальний вихідний струм (до 120 с)	25...300 А
Схеми вмирання навантаження	"зірка безнеутраля" "трик тири"
Регульований параметр	потужність
Спосіб регулювання вихідної напруги	фазовий
Охолодження	
DRU3-25	природне
решта модифікацій	прямусове (обуд. вентилятор)
Ступінь захисту корпусу	
DRU3-25/40/75/100	IP20
DRU3-125/150/200	IP00

Для регулювання температури в корпусу циліндра термопластавтомата використовується три награвателя DE 3127-6311-914-050-01 мощность 3.3Квт кожний



3.5 Вибір SCADA-системи

SCADA (диспетчерське управління і збір даних) - це програмне забезпечення, призначене для виконання функції збору, обробки і відображення інформації про об'єкти на трасі або про управління в короткі терміни програмне забезпечення цього класу дозволяє автоматизувати деякі системи управління процесом, автоматизовані системи управління, системи моніторингу навколишнього середовища, наукові експерименти, автоматизацію і так далі.

Система SCADA широко використовується у всіх сферах діяльності, де необхідно надати оператору контроль в ході технологічного процесу.

Програмне забезпечення реалізовано використавши мову програмування LD. Програму реалізовано в середовищі CoDeSys.

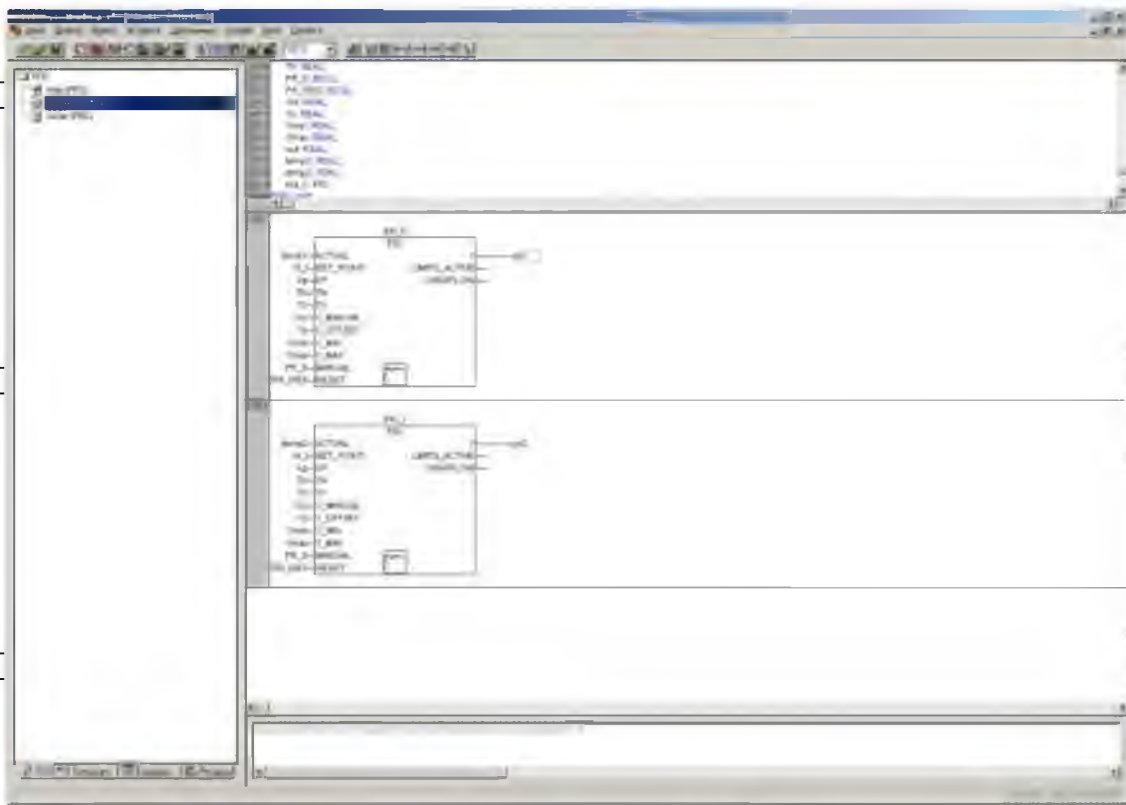


Рис 3.9 Вікно програми для реалізації ПІ-алгоритму керуванн

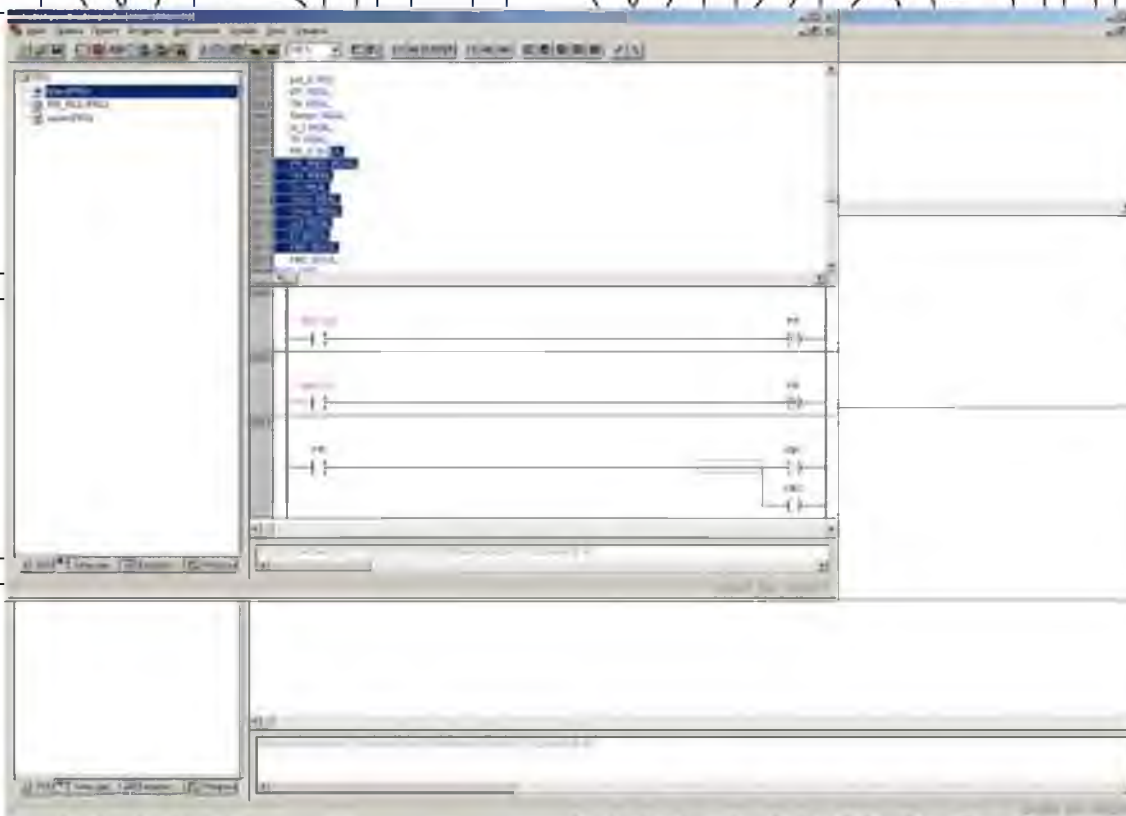


Рис 3.10. Вікно програми для обробки відповідних команд.

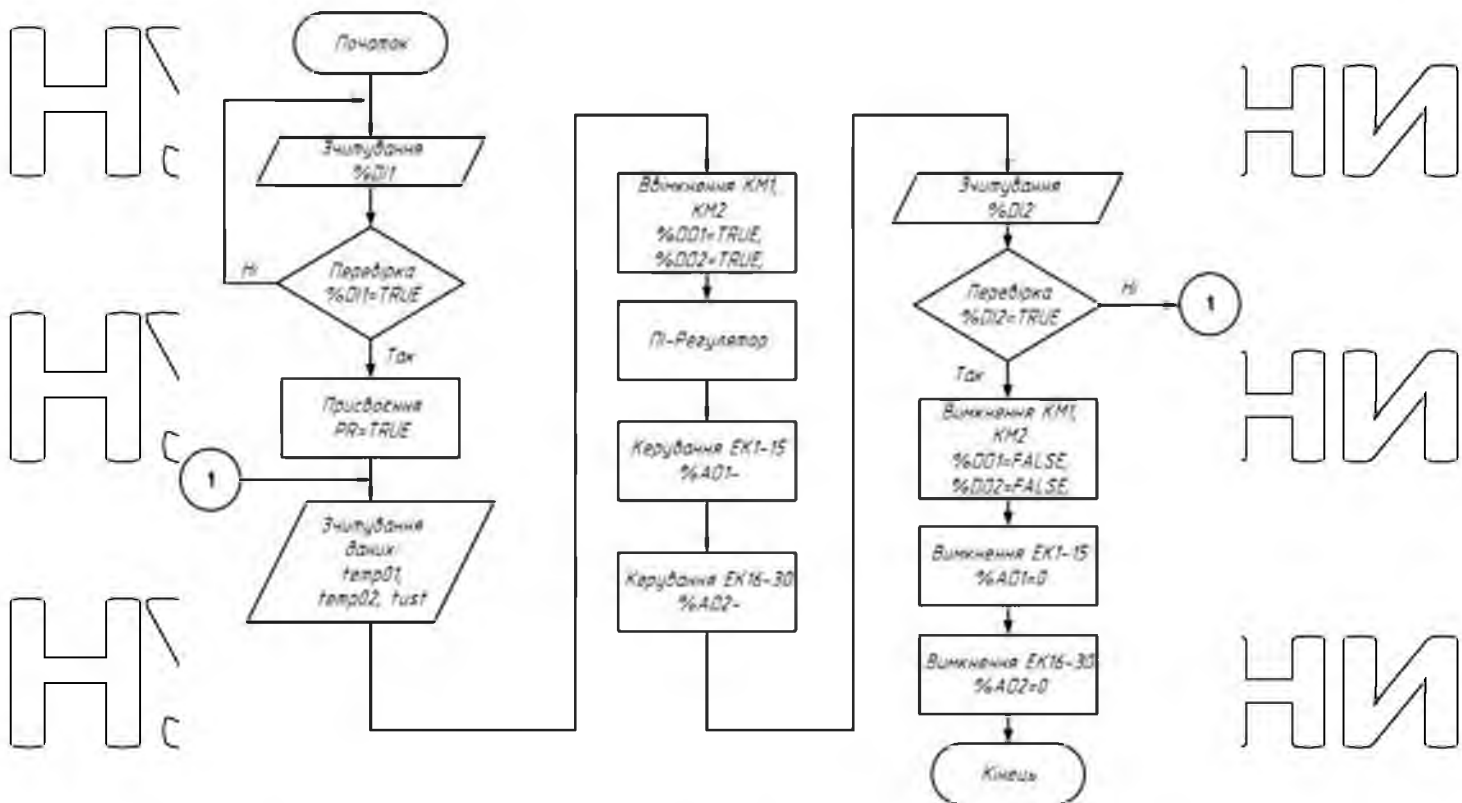


Рис. 3.11. Алгоритм роботи SCADA-системи

3.6 Оцінка стійкості САК температури в циліндру термопластаавтомату

Критерієм стійкості є Михайлов, заснований на характеристиках смуги частот, і за характером поведінки вектора власних характеристик в площині комплексу, можна оцінити стійкість замикання. Для оцінки стійкості замкненої

САК складемо характеристичний поліном Михайлова. Замінимо у характеристичному рівнянні замкненої САК

$$C(s) = c_n \cdot s^n + c_{n-1} \cdot s^{n-1} + \dots + c_1 \cdot s + c_0 = 0 \quad (3.12)$$

параметр s на уявний параметр $j \cdot \omega$

$$C(s) = c_n \cdot (j \cdot \omega)^n + c_{n-1} \cdot (j \cdot \omega)^{n-1} + \dots + c_1 \cdot (j \cdot \omega) + c_0 = X(\omega) + j \cdot Y(\omega), \quad (3.13)$$

де $X(\omega) = c_0 - c_2 \cdot \omega^2 + c_4 \cdot \omega^4 - \dots$ дійсна складова годографа Михайлова;

$Y(\omega) = c_1 \cdot \omega - c_3 \cdot \omega^3 + c_5 \cdot \omega^5 - \dots$ уявна складова годографа Михайлова.

Якщо змінювати частоту ω від 0 до ∞ і відкласти значення $X(\omega)$ по вісі абсцис, а значення $Y(\omega)$ по вісі ординат комплексної площини, то кінець характеристичного вектору окреслить криву, що називається годографом Михайлова.

Критерій Михайлова. лінійна система n -го порядку буде стійкою, якщо годограф Михайлова бере свій початок на додатній напіввісі $X(\omega)$ комплексної площини, проходить в додатному напрямку (проти годинникової стрілки) n квадрантів, охоплюючи початок координат, і прямує в n -му квадранті в нескінченність.

Передатна функція розімкненої САК

$$W_{PO3}(s) = W_{III}(s) \cdot W_{OS}(s) \cdot W_{III}(s) \quad (3.14)$$

$$W_{PO3}(s) = 8,56 \cdot \left(1 + \frac{1}{85 \cdot s}\right) \cdot \frac{1,14 \cdot e^{-30 \cdot s}}{500 \cdot s + 1} \cdot \frac{0,214}{10 \cdot s + 1} = \frac{177,48 \cdot s + 2,088}{85 \cdot s \cdot (500 \cdot s + 1) \cdot (10 \cdot s + 1)} \cdot e^{-30 \cdot s}$$

Передатна функція замкненої САК

$$W_{3AM}(s) = \frac{W_{PO3}(s)}{1 + W_{PO3}(s)} \quad (3.15)$$

$$W_{3AM}(s) = \frac{(177,48 \cdot s + 2,088) \cdot e^{-30 \cdot s}}{1 + \frac{85 \cdot s \cdot (500 \cdot s + 1) \cdot (10 \cdot s + 1)}{(177,48 \cdot s + 2,088) \cdot e^{-30 \cdot s}}}$$

$$W_{3AM}(s) = \frac{(177,48 \cdot s + 2,088) \cdot e^{-30 \cdot s}}{85 \cdot s \cdot (500 \cdot s + 1) \cdot (10 \cdot s + 1) + (177,48 \cdot s + 2,088) \cdot e^{-30 \cdot s}}$$

$$W_{3AM}(s) = \frac{(177,48 \cdot s + 2,088) \cdot e^{-30 \cdot s}}{425000 \cdot s^3 + 43350 \cdot s^2 + 85 \cdot s + (177,48 \cdot s + 2,088) \cdot e^{-30 \cdot s}}$$

Характеристичне рівняння замкненої САК 3-го порядку

$$C(s) = 425000 \cdot s^3 + 43350 \cdot s^2 + 85 \cdot s + (177,48 \cdot s + 2,088) \cdot e^{-30 \cdot s} \quad (3.16)$$

$$e^{-30 \cdot s} = \cos 30\omega - j \cdot \sin 30\omega, \quad (3.17)$$

$$C(j \cdot \omega) = 425000 \cdot (j \cdot \omega)^3 + 43350 \cdot (j \cdot \omega)^2 + 85 \cdot (j \cdot \omega) + (177,48 \cdot (j \cdot \omega) + 2,088) \cdot (\cos 30\omega - j \cdot \sin 30\omega)$$

Після перетворень отримаємо

$$X(\omega) = -43350 \cdot \omega^2 + 177,48 \cdot \omega \cdot \sin 30\omega + 2,088 \cdot \cos 30\omega;$$

$$Y(\omega) = -425000 \cdot \omega^3 + 85 \cdot \omega + 177,38 \cdot \omega \cdot \cos 30\omega - 2,088 \cdot \omega \cdot \sin 30\omega.$$

Годограф Михайлова замкненої САК температурою в циліндре термопластавтомату, побудований за допомогою математичного пакету Mathcad, зображений на рис. 2.41, 2.42.

$$X(\omega) = -43350 \cdot \omega^2 + 177,48 \cdot \omega \cdot \sin(30 \cdot \omega) + 2,088 \cdot \cos(30 \cdot \omega)$$

$$Y(\omega) = -425000 \cdot \omega^3 + 85\omega + 177,48 \cdot \omega \cdot \cos(30 \cdot \omega) - 2,088 \cdot \omega \cdot \sin(30 \cdot \omega)$$

Рис. 2.41 та 2.42 показують, що годограф Михайлова 3-го порядку бере свій початок на додатній напіввісі $X(\omega)$ комплексної площини у точці $\omega_0 = 2,088$, проходить в додатному напрямку (проти годинникової стрілки) 3-й квадрант, охоплюючи початок координат, і прямує в 3-му квадранті в нескінченність.

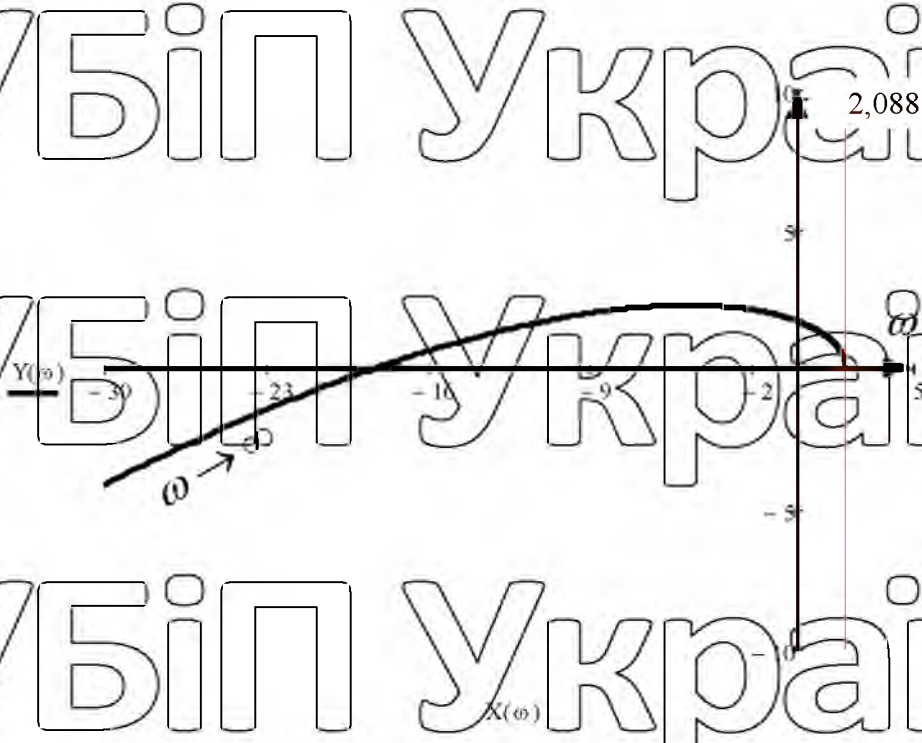


Рис. 3.12. Початок годографу Михайлова на комплексній площині

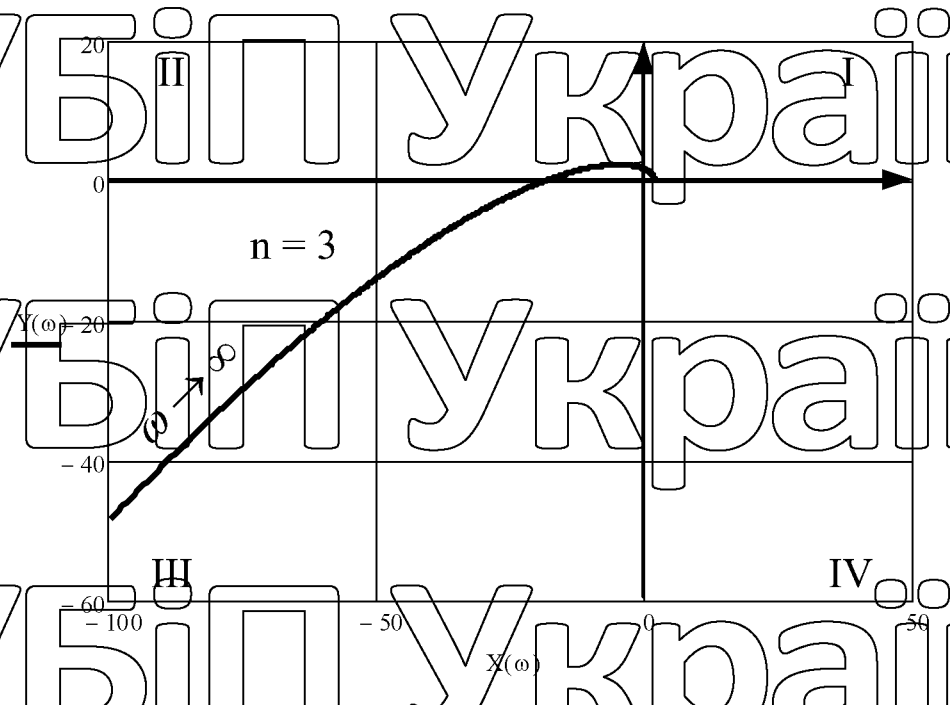


Рис. 3.13. Годограф Михайлова замкненої

САК температурою в циліндре термопластавтомату

За критерієм Михайлова система автоматичного керування температурою в циліндре термопластавтомату є стійкою.

3.7 Визначення показників якості роботи САК температурою в циліндре термопластавтомату

Для визначення показників якості САК реакція системи аналізується в один етап.

Показники якості роботи САК:

- Продуктивність системи визначається швидкодія системи оцінюється часом $t_{рег}$, від точки впливу до точки, в якій різниця між заданим значенням і виходом за весь час буде менше його значення. $\Delta = \pm 5\%$ від усталеного значення вихідної величини $y(\infty)$;

- перерегулювання $\sigma\%$ характеризує величину максимального динамічного відхилення системи у перехідному процесі

$$\sigma = \frac{y_{MAX} - y(\infty)}{y(\infty)} \cdot 100\%, \quad (3.18)$$

де y_{MAX} - максимальне значення регульованої величини;

- кількість напівколивань n за час перехідного процесу (t_{prt}) є мірою коливальності;
- статична похибка в усталеному режимі $\delta(\%)$.

Показники якості роботи САК визначаємо за допомогою програми імітаційного моделювання Simulink середовища Matlab.

Імітаційна модель САК температурним режимом в циліндрі термопластавтомату (рис. 3.14). Графік перехідного процесу САК (рис. 3.15).

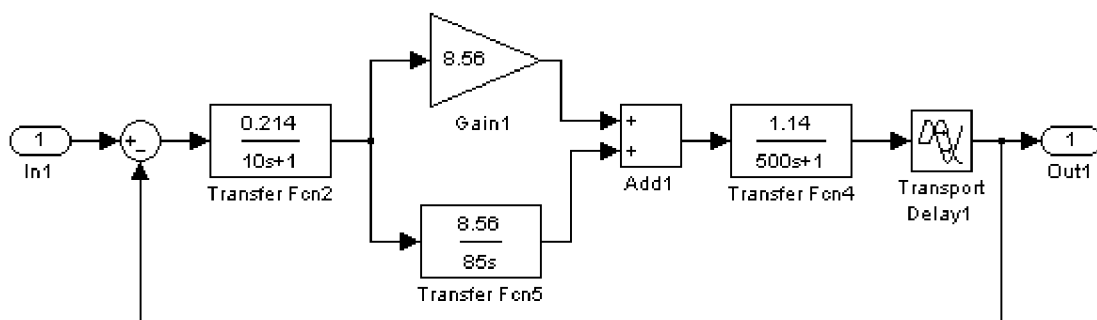


Рис. 3.14. Імітаційна модель САК температурною в циліндрі термопластавтомату у середовищі Matlab

Показники якості САК з ПІ-регулятором (крива перехідного процесу з ПІ-регулятором (рис. 3.15),):

- плавність перехідного процесу, або кількість коливань вихідної величини за час t_p , $n = 1$;

- час регулювання t_p – час, протягом якого змінюється регульована величина, $t_p = 326$ с.

- перерегулювання σ – максимальне відхилення регульованої величини від усталеного значення

$$\sigma = \frac{1,17 - 1,0}{1,0} \cdot 100\% = 17\% ;$$

- відсутня статична похибка в усталеному режимі

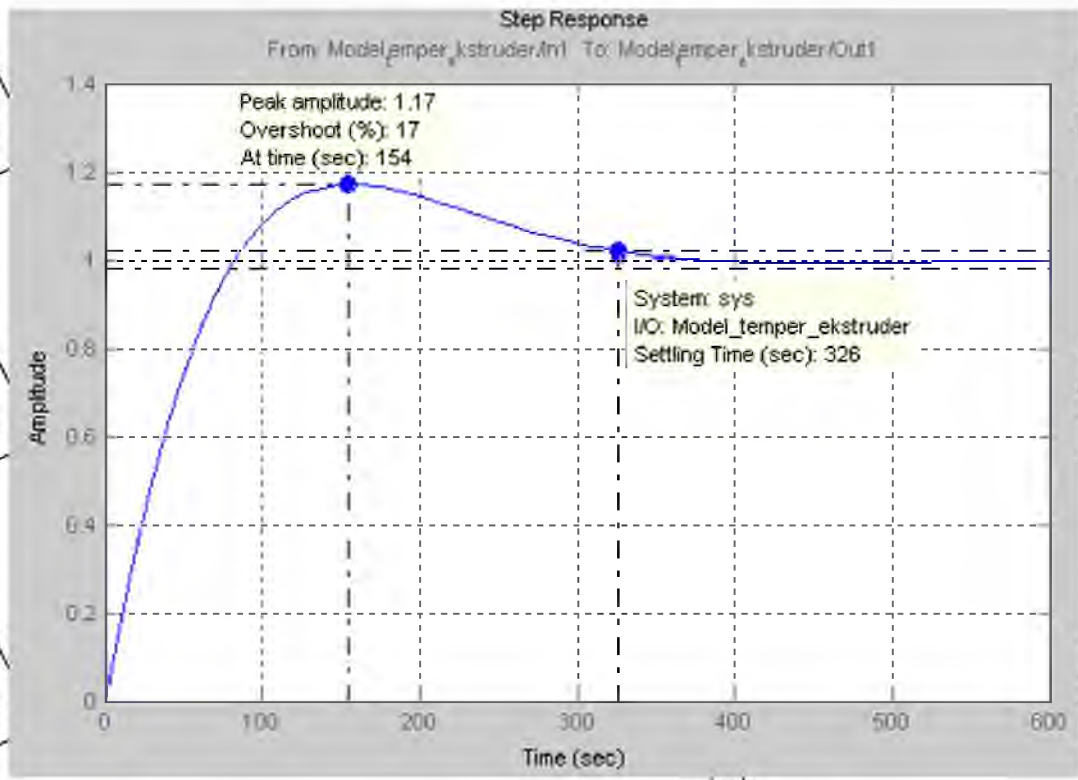


Рис. 3.15. Графік перехідного процесу САК температурою в циліндрі

термопластавтомату у середовищі Matlab

Як видно з приведених розрахунків, усі параметри перехідного процесу задовольняють технологічним вимогам.

РОЗДІЛ 4

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розробка схеми електричної принципової системи керування

температурою в термопластавтоматі

Електричну принципову схему подано на форматі 3 графічної частини проекту.

Опис схеми. При включенні автоматичного вимикача QF1 напруга прямує до регулятора Овен ПЛК110 і спрацьовує червона лампочка (HL1) сеть, він за допомогою частотного преобразователя Sinamics V20 включає двигун 4АМУ180М2 який обертає шнек потім визначає текущу температуру в циліндрі і при температурі менше 180 градусів ПЛК реалізує ПІ-алгоритм регулювання температури в циліндрі термопластавтомату, надсилаючи сигнал керування на

через модуль аналогового виведення МУ110-224.6У на регулятори потужності DRU3-40 U1,U2,U3. Трифазні регулятори потужності DRU3-40 здійснюють безпосереднє керування температурою в циліндрі термопластавтомату. До кожного з регуляторів потужності підключений нагрівачі. Якщо ОВЕН не спрацює є ручний режим для кожної зони нагріву

4.2 Розробка схеми з'єднань

Схема підключення показана в 3 формах частини проекту. Схема підключення-це схема, що показує взаємозв'язок між компонентами установки або продукту. Вони розроблені на основі принципів схем і використовуються для монтажу та управління. Схема підключення заснована на загальному емпіричному правилі: схема підключення заснована на платах, консолях, штативах і всіх видах пристроїв і інструментів, доступних на принциповій схемі; для установки положення пристрою, обладнання, автоматизації та характеру цієї частини схеми, прийнятої в схемі схеми, схема повинна бути збережена на схемі підключення.

4.3 Розробка схеми підключень

Схема підключення показана на 4 аркушах графічної частини проекту. Підключення малюнок виконано на основі схеми малюнка, на основі специфікацій обладнання та подачі живлення на обладнання, а також зображення виробничого обладнання з установкою обладнання, їх використовують під час монтажу проводок, що забезпечують живлення щитів, пультів, установок, приладів та апаратів. Використовував графічну побудову схеми підключень. При цьому умовними графічними позначеннями зображують: відбірні пристрої та первинні перетворювачі; щити, пульти та локальні пульти керування, контролю, сигналізації та вимірювання; поза щитові прилади та засоби автоматизації, з'єднувальні та протяжні коробки, вільні коробки кінців терморпарі, електропроводки та кабелі, що прокладаються поза щитами; вузли приєднання електропроводів і приладів, апаратів та коробок;

забірну апаратуру, елементів для з'єднання та відгалуження, комутаційні затискачі, розміщені поза щитами; захисне заземлення.

4.4 Розробка щита керування

Панель управління дозволяє оператору контролювати і контролювати технологічні процеси. Панель управління/автоматизацією системи призначена для розміщення в системі управління і контролю сигналу на технологічному процесі, технологічному обладнанні, апаратурі управління і вимірювальному обладнанні. Вибір конструкції щита залежить від кількості встановленого в ньому обладнання, а також типових параметрів. Розмір щита визначається площею розрахунку і є сумою установки, пристрій встановлюється на задній панелі щитової коробки і на двері. Для визначення типу габариту щита визначаємо монтажні зони апаратів встановлюваних в щиті. Розмір зон апарату визначається його габаритними розмірами, а також додатковими відстанями, необхідними для приєднання до апарату провідників, розміщення маркування на їх кінцях, а також для зручності обслуговування апаратів. Вибір ящиків виробляють згідно сумі монтажних зон, які будуть розташовані в ньому.

Таблиця 4.1

Апарати і їх розміри, що входять до щита управління

Тип апарату	Кількість	Розміри зон, мм	Варіант кріплення
AB 3001/3H	1	210x442x140	35 mm DIN рейка
Панель Sinamics V20	1	150x70x148	35 mm DIN рейка
Панель «ОВЕНЦІК 110»	1	123x50x98	35 mm DIN рейка
KE011Y3	6	20x20x50	35 mm DIN рейка
DRU3	3	130x164x150	Гвинти

Визначаємо необхідні для монтажу зону ящика управління, необхідні для розміщення апаратів захисту і управління

$$S = 210 * 442 + 150 * 70 + 123 * 50 + 20 * 20 + 86 * 46 = 113826 * 10^4 \text{ мм}^2$$

Попередньо приймаємо щит «ЩМП 2-0-36 (IP31)» з розмірами 500/400/220.

Визначимо корисну потужність щита:

$$S_{\text{щ}} = (500 - 2 * 50) * (400 - 2 * 50) = 1,2 * 10^5 \text{ мм}^2$$

Як видно з розрахунків щит обрано вірно так як $S \leq S_{\text{щ}}$

4.5 Вибір пускозахисної апаратури

Обладнання для запуску і технічного обслуговування, обладнання для електропостачання та автоматизації обладнання, попередньо встановлене в

системі, кілька груп, які відповідають цим вимогам, ви вмикаєте й вимикаєте

пристрій для еноживача, а також місце розташування пристрою захисту. Це

означає, що вибір захисту пристрою, запуск і автоматизація системи живлення

пристрою здійснюються з урахуванням наступних умов. За номінальною

напругою мережі:

$$U_n \geq U_{н.м}$$

За тривалим розрахунковим струмом мережі: $I_{ном} \geq I_{трив.}, I_{вим.} \geq I_{трив.}$,

де $I_{ном}$ - номінальний струм;

$I_{вим.}$ - найбільший вимикаючий струм;

$I_{трив.}$ - тривалий розрахунковий струм кола.

Вибір пускозахисної апаратури, проводів та кабелів

Електромагнітні пускачі КМ1, КМ2, КМ3 були вибрані ПМ-1/18:

Вибір автоматичних вимикачів QF

НУБІП України



НУБІП України

Рис. 4.5.2 Пакетний вимикач

З номенклатурних каталогів вибираємо QF: AB300L/BH-00Y3

Вибір плавних запобіжників:

НУБІП України



НУБІП України

Рис. 4.5.3 Плавкий запобіжник

Плавні запобіжники для захисту кіл керування вибираються за розрахунковим струмом. Для захисту кіл керування під час вибору запобіжників розрахунковий струм множитьься на коефіцієнт захисту 1,2.

З номенклатурних каталогів вибираємо ППН-33-2А.

Відповідно до схеми підключень, будемо використовувати відповідні проводи:

№1 кабель до щита живлення $I_{тр.дп} \leq 150A$

З таблиці вибираємо КВВГ (4x1), площа поперечного перерізу $S = 35mm^2$

№2 кабель живлення електричного нагрівача $I_{тр.дп} \leq 14A$

З таблиці вибираємо КВВГ (4x1), площа поперечного перерізу $S = 6mm^2$

№3 кабель живлення електричного нагрівача $I_{тр.дп} \leq 14A$

З таблиці вибираємо КВВГ (4x1), площа поперечного перерізу $S = 6mm^2$

№4 кабель живлення електричного нагрівача $I_{тр.дп} \leq 14A$

З таблиці вибираємо КВВГ (4x1), площа поперечного перерізу $S = 6mm^2$

№5 кабель до датчика температури. $I_{тр.дп} \leq 3A$

3 таблиці вибираємо ПВС (3x0,5), площа поперечного перерізу $S = 0,5mm^2$

№6 кабель до датчика температури. $I_{тр.дп} \leq 3A$

3 таблиці вибираємо ПВС (3x0,5), площа поперечного перерізу $S = 0,5mm^2$

№7 кабель до датчика температури. $I_{тр.дп} \leq 3A$

3 таблиці вибираємо ПВС (3x0,5), площа поперечного перерізу $S = 0,5mm^2$

№8 кабель до двигуна. $I_{тр.дп} \leq 150A$

3 таблиці вибираємо ПВС (3x0,5), площа поперечного перерізу $S = 35mm^2$

Вибір кнопок керування

Вибираємо кнопки KE011УЗ (червоні (Стоп) та чорні (Пуск), кліматичне виконання УЗ (ГОСТ 15150-69), ступінь захисту IP40 (за ГОСТ 15543.1-89)

(рис. 4.4). Ці кнопки мають штовхач циліндричної форми та пластмасове фронтальне кільце. Номінальний струм – 10 А. Номінальні режими роботи:

тривалий, переривчасто-тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний.



Рис 4.5.4 Зовнішній вигляд кнопки KE011У

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ

Економічна ефективність автоматизації вимірюється ступенем зменшення сукупної живої і минулої праці, що витрачається на виробництво одиниці продукції. При автоматизації сільськогосподарських виробничих процесів вартість капітальних затрат зазвичай зростає, а експлуатаційні витрати на одиницю продукції значно скорочуються. Таким чином, ефективність автоматизації характеризується сумарним скороченням затрат на виробництво одиниці продукції.

Загальна вартість технічних засобів автоматизації становить:

$$K_3 = K_{T0} + K_k + K_p + K_{ш}, \quad (5.1)$$

де: $K_{T0} = 20000$ грн. - вартість Sinamics V20

$K_p = 4740$ грн. – вимірювач - регулятора TPM1033;

$K_k = 5000$ грн – вартість комп'ютера для SCADA-системи;

$K_{ш} = 1600$ грн. - вартість щита керування; Отже:

$$K_3 = 20000 + 4740 + 5000 + 1600 = 15042 \text{ грн.}$$

Торгівельно-транспортні витрати будуть становити:

$$K_{т.т.} = 0,11 \cdot K_{т.т.} = 0,11 \cdot 15042 = 5940 \text{ грн.} \quad (5.2)$$

Витрати на монтаж технічних засобів становлять:

$$K_M = 0,17 \cdot K_M = 0,17 \cdot 15042 = 2557,14 \text{ грн.}$$

Витрати на прокладання проводок:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{пр1}} \cdot K_{\text{пр}} = 25 \cdot 20 = 750 \text{ грн.} \quad (5.3)$$

де: $K_{\text{пр1}} = 25$ грн./м – вартість проводки та їх монтажу; $L = 20$ м – довжина проводки

Інші капітальні витрати будуть становити 2% від суми капітальних вкладень:

$$K_{\text{ін}} = 0,02 \cdot 15042 = 300,84 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

Капітальні витрати визначаємо за формулою:

$$K = K_3 + K_{\text{тг}} + K_M + K_{\text{пр}} + K_{\text{ін}}$$

$$25089,98$$

(5.5)

$$K = 15042 + 5940 + 2557,14 + 750 + 300,84 = 25089,98 \text{ грн.}$$

Визначивши суму капіталовкладень, можна знайти відрахування на амортизацію:

$$C_a = 0,142$$

$$C_a = 0,142 \cdot 25089,98 = 3562,77 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

Витрати на поточний ремонт будуть становити:

$$C_{\text{пр}} = 0,18 \cdot C_{\text{пр}} = 0,18 \cdot 25089,98 = 4516,19 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

Витрати на енергоресурси будуть становити :

$$C_e = P \cdot \Gamma \cdot 0,21. \quad (5.8)$$

де: $P = 15,0$ кВт - потужність автоматизації;

$\Gamma = 250 \cdot 24 = 6000$ год. - кількість годин роботи

(сировиготовлювач працює 250 днів на рік).

Отже:

$$C_e = 15,0 \cdot 6000 \cdot 0,21 = 18900 \text{ грн.} \quad (5.9)$$

Витрати на оплату праці персоналу, що пов'язаний з

експлуатаційної системи автоматизації (в нашому випадку 2 оператора), становить:

$$C_3 = 1 \cdot 3,0 \cdot 8 \cdot 250 = 6000 \text{ грн.} \quad (5.10)$$

де: 1 - кількість операторів;

3,0 грн./год. - ставка

оператора; 8 - години

роботи на добу;

250 - кількість днів роботи на рік.

Отже річні експлуатаційні витрати будуть становити:

$$C = 3562,77 + 4516,19 + 18900 + 6000 = 32978,96 \text{ грн.} \quad (5.11)$$

Розрахунок основних показників економічної ефективності.

Знайшовши річні експлуатаційні витрати і капітальні вкладення можна знайти зведені витрати:

$$V_{зв} = C + E_{н} \cdot K = 58069,09 \quad (5.12)$$

$$V_{зв} = 32978,96 + 0,15 \cdot 25089,98 = 58069,09 \text{ грн.}$$

Тоді чистий прибуток буде визначатись за формулою:

$$\Pi_{чп} = \Delta C + \Delta C_e \quad (5.13)$$

де:

ΔC_e - прибуток за рахунок економії електричної енергії;

$$\Delta C_3 = C_3 - (T \cdot \Gamma \cdot 0,1). \quad (5.14)$$

$$\Delta C_3 = 6000 - (1,2 \cdot 6000 \cdot 0,1) = 5280 \text{ грн.} \quad (5.15)$$

$$\Delta C_e = C_e - (P \cdot \Gamma \cdot 0,1 \cdot \Delta \Pi). \quad (5.16)$$

$$\Delta C_e = 18900 - (15,0 \cdot 6000 \cdot 0,1 \cdot 0,4) = 15300 \text{ грн.} \quad (5.17)$$

$\Delta \Pi = 0,4 = 40\%$ - економія часу енергоспоживання при автоматизації.

$$\Pi_{чп} = 6660 + 3593,52 = 21066,48 \text{ грн.} \quad (5.18)$$

Термін окупності установки визначається за формулою:

$$T_{\text{окуп}} = K / Ч \quad (5.19)$$

$$T_{\text{окуп}} = 25089,98 / 21066,48 = 1 \text{ рік.} \quad (5.20)$$

Отже, з вище приведених розрахунків ми бачимо, що чистий прибуток від впровадження розробленої САР температурою корпусу циліндра термопластавтомата складає 21066,48 грн., а строк окупності складає 1 рік, що вказує на доцільність такого впровадження.

Висновок

В ході реалізації дипломного проєкту було проведено дослідження машини для лиття під тиском, і для поліпшення системи контролю температури в циліндрі машини для лиття під тиском. Необхідно провести аналіз машини для лиття під тиском, розглянути технічну частину і силову частину. Розробка ПО температури в циліндрі ливарної машини здійснюється технічне обслуговування та ремонт енергетичного обладнання.

Вибрано регулятор ОВЕН ШК110 для регулювання температури в циліндрі термопластавтомату. Проведено дослідження амплітудно - фазо частотних характеристик. Запаси стійкості по амплітуді і фазі задовольняють вимогам стійкості системи. Дослідивши перехідну характеристику визначили такі показники якості: час регулювання, пере регулювання, коливання при встановленій похибці яка дорівнює. Враховуючи зазначене вирішуємо, що система є стійкою, а отже можливе її використання на практиці.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Література

1. Мартыненко И.И. Проектирование систем автоматики. / И.И. Мартыненко, В.Ф. Лысенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 243 с.: ил. – (Учебники и учеб. Пособия для студентов высш. учеб. заведений).

2. Справочник электрика. / Кисаримов Р. А., – М.: ИП РадиоСофт, 2003. – 320 с.

3. <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (Лиття пластмас під тиском)

4. <https://knowledge.allbest.ru/marketing/> (Способи виробництва виробів із пластмас та дефекти на výroбах із пластичних мас)

5. Басов Н. И. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов / Н. И. Басов. – М.: Химия, 1991. – 352 с.

6. Основы проектирования и расчета литьевого и прессового оборудования для переработки полимерных материалов / А. С. Клинков, О. Г. Маликов, В. И. Кочетов, Н. П. Жуков. – Тамбов : Изд-во Тамбов. гос. техн. ун-та, 1999. – 162 с.

7. Пантелеев А. П. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс / А. П. Пантелеев, Ю. М. Шевцов, И. А. Горячев. – М.: Машиностроение, 1986. – 400 с.

8. Способ улучшения детали, полученной литьем под давлением – патент RU 2571978 C2, B22D 17/00 (2006.01)

9. Прес-форма для лиття під тиском полімерів – патент UA 18318 U МПК (2006) B29C 45/26

10. Мирзоев Р. Г. Основы конструирования и расчета деталей из пластмасс и технологической оснастки для их изготовления / Р. Г. Мирзоев. – М.: Машиностроение, 1972. – 416 с.

11. Prediction of shrinkage and warpage in consideration of residual stress in integrated simulation of injection molding. Computer Aided Materials Processing Laboratory ME3227, Department of Mechanical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 373-1 Gusongdong, Yusonggu, Taejon 305-701, South Korea

12. Торнер Р. В. Теоретические основы переработки полимеров. – М.: Химия, 1977, 461 с.

13. Тадмор З., Гогос К. Теоретические основы переработки полимеров. Пер. с англ. – М.: Химия, 1984. – 632 с.

14. Экономическая оценка энергетики АПК. Учебное пособие для студентов учебных заведений / В.Т. Водяников - М.: ИКФ «ЭКМОС», 2002. – 304 с.

15. Электротехнический справочник. / Алиев И. И., - М.: ИП РадиоСофт, 2006. – 384 с.