ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

“Допущено до захисту ”
Зав. кафедрою АВП
к.т.н., доцент
_____О.К. Дідик
“___“ _____2023 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Розробка системи регулювання температури води в технологічному процесі виробництва шкіри»

«Development of a water temperature control system in the technological process of leather production»

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи ЕС-19
спеціальності 141 «Енергетика та автоматика аграрного комплексу»
_____Д.О. Ветрова
«____»_____2023 р.

Керівник роботи
доц, канд.техн.наук
_____Д.В. Трушаков
«_____»_____2023 р.

Рецензент _____
_____

м. Кропивницький

ЗМІСТ

Вступ 5

1 Область застосування та призначення системи регулювання температури води в технологічному процесі виробництва шкіри 6

1.1 Технологічний процес виготовлення шкіри на ЗАТ «ВОЗКО» 6

1.1.1 Вивантаження і приймання шкіряної сировини 6

1.1.2 Відмоко - зольний цех 6

1.1.3 Дубільний цех 7

1.1.4 Красильно – жировальний цех 8

1.1.5 Сортування готової продукції 11

1.2 Загальна характеристика процесів зоління на ЗАТ “ВОЗКО” 12

2 Огляд існуючих рішень та обґрунтування принципу побудови системи 13

2.1 Огляд існуючих методів вимірювання температури води, що подається в процес зоління 13

2.1.1 Загальний огляд датчиків 13

2.1.2 Характеристики датчиків 14

2.1.3 Типи напівпровідникових датчиків температури 15

2.1.4 Датчики температури на базі напівпровідникових пристроїв 16

2.1.5 Датчики температури на базі терморезисторів 17

2.1.6 Плівкові датчики температури 20

2.2 Підходи при нагріванні потоку рідини в трубі 22

2.2.1 Основні типи водонагрівачів 22

2.2.2 Електричні водонагрівачі проточні 23

2.2.3 Електричні накопичувальні водонагрівачі 24

2.2.4 Газові проточні водонагрівачі 26

2.3 Основні типи клапанів 29

2.3.1 Клапан типу РТ-ТС 29
2.3.2 Клапан типу РТ-ДО 30
2.3.3 Клапан типу РТС-ДО 31
3 Опис та обґрунтування обраних рішень системи регулювання температури води в процесі зоління шкіри 32
3.1 Розробка структури системи регулювання температури води, що подається в барабан 32
3.2 Розробка та опис схеми функціональної системи регулювання температури, що подається в барабан 33
3.3 Розробка принципової схеми реалізації системи регулювання температури води, що подається в барабан 33
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність виробу 36
4.1 Рівняння елементів системи 36
4.2 Будова та принцип дії САР 37
4.3 Функціональна схема САР 37
4.4 Структурна схема системи 37
4.5 Визначення передаточних функцій системи та характеристичного рівняння 39
4.6 Побудова АФЧХ, ЛАЧХ та ЛФЧХ розімкнутої системи 39
4.6.1 Побудова АФЧ характеристики розімкнутої системи 39
4.6.2 Побудова ЛАЧ характеристики розімкнутої системи 40
4.6.3 Побудова ЛФЧ характеристики розімкнутої системи 41
4.7 Побудова дійсної частотної характеристики замкнутої системи 42
4.8 Визначення стійкості системи, запасів стійкості, побудова області стійкості 43
4.9 Оцінка якості регулювання замкнутої системи по ЛАЧХ розімкнутої системи 45
4.10 Побудова перехідного процесу замкнутої системи 46
4.11 Визначення прямих показників якості системи 46

4.12 Побудова бажаної ЛАЧХ системи 47
4.13 Синтез коректуючого пристрою системи за ЛФЧХ 49
4.14 Побудова кривої перехідного процесу синтезованої системи 50
4.15 Визначення прямих показників якості синтезованої системи 51
5 Організація робіт по обслуговуванню системи регулювання температури води 52
5.1 Монтаж системи регулювання температури води 52
5.2 Налагоджування системи регулювання температури води 53
5.3 Особливості експлуатації системи регулювання температури води 54
Висновки 55
Список літератури 57

В С Т У П

Людину оточує величезна кількість різноманітних виробів, товарів, матеріалів, отриманих з використанням полімерів, проте не меншою є і кількість шкіряних виробів. З'єднання цього класу, а саме природні білки, складають основу жвавого на Землі і разом з целюлозою спрадавна визначали життєдіяльність і життєзабезпечення людей.

Зважаючи на вагоме народногосподарське значення, ефективність процесів виробництва шкіри має бути на високому рівні. А цього не можливо досягти без використання засобів автоматизації вказаних процесів.

Основною метою автоматизації процесу зоління шкіри є:

- покращення умов праці;
- підвищення продуктивності праці;
- економія хімічних матеріалів;
- отримання найбільш якісного гольє після операції зоління;
- краща організація відмово-зольних робіт.

Автоматизація процесу регулювання температури води досягається вмиканням заслонки клапана подачі води в процес, що забезпечить подачу води заданої температури в барабан відмоко – зольної галереї. Реконструкція відмово-зольного цеху і застосування сучасних засобів автоматизації дозволяє чітко підтримувати температуру води на задоному значенні, яке визначається технологом зольного цеху, а це неодмінно дозволить покращити умови праці робітників цеху.

В даній роботі розглядається варіант удосконалення процесу регулювання температури води в відмово-зольному цеху ЗАТ “Возко” шляхом створення системи регулювання температури води в процесі зоління шкіри з метою економії витрат матеріальних та енергетичних ресурсів, а також покращення умов праці обслуговуючого персоналу.

1 ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА ШКІРИ

1.1 Технологічний процес виготовлення шкіри на ЗАТ «ВОЗКО»

Технологічний процес виготовлення шкіри представлено на слайді 01.00.

1.1.1 Вивантаження і приймання шкіряної сировини

Операція виконується згідно ІТК КЗ 01.

Шкіряна сировина, що поступає на ЗАТ «ВОЗКО», транспортується автомобільним або залізничним транспортом, упакованим в пакунки (по ГОСТ 1868), на піддонах (по ГОСТ 9557), в пакетуючих стропах (по ГОСТ 21929) або «вростав». Сировина має бути законсервована мокросоленням.

1.1.2 Відмоко - зольний цех

1. Сортування, маркіровка і комплектування шкіряної сировини у виробничі партії.

Мета операції: визначити сорт, вигляд, масу і виробниче призначення кожної штуки сировини, провести приймання сировини від постачальників і скомплектувати її у виробничі партії[1].

Сортування шкіряної сировини виконується відповідно до ГОСТ 382-91, комплектування партії - відповідно до С-09/04 «Правила комплектування кожсировим заводом виробничих партій сировини» і ГОСТУ 28425-90.

2. Рідинні Відмоко-зольні процеси.

Мета операції: провести обводнення шкури до парного стану, видалити навалювання, розпушити структуру білка шкури і розчинити волосяний покрив.

Вага завантажуваної сировини мокросолення або тузлучної консервації. Робота барабанів цілодобова. Тривалість обробки сировини в барабані, режими

обертання і концентрації хімрозчинів залежать від технології виробництва (див. методики 03-1.03-2.03-3.03-4,03-5)[1].

3. Міздрення голини.

Мета операції: видалити з верхньої частини голини підшкірну клітковину (мездру), а також прирізки м'яса і сала.

4.Обрізка голини.

Мета операції: видалити після операції міздріння залишки мездри по периметру голини.

5. Зважування голини.

Мета операції: визначення ваги партії для проведення преддубильно-дубільних процесів.

1.1.3 Дубільний цех

Після завершення отмочно-зольних процесів і механічних операцій золена голина завантажується в підвісні барабани дубильного цеху для проведення преддубильно-дубильних процесів, [2] у тому числі:

Знезолення - обробка солями амонія.

М'якшення - короткочасна обробка голини ферментними препаратами у водному середовищі при підвищеній температурі з метою видалення гнейста, продуктів розпаду міжволоконних білків, що додає голині, а згодом і шкірі повітропроникності, пластичності і гладкість лицьового шару.

Пікелювання - обробка напівфабрикату розчином, що містить кислоту і нейтральну сіль для додавання готової необхідної кислотності (без нажора) для подальшого проникнення і скріплення солей хрому.

Дублення - обробка голини солями хрому.

Віджим вологи і розводка напівфабрикату після дублення на гідропресі «RIZZI - PRN».

Мета операції: механічним шляхом видалити частку (близько 10 %) вологи, що міститься в дубленому напівфабрикаті після вивантаження з барабана, а також за допомогою розтягуючого пристрою запобігти появі зморшок і складок

на шкірі, що сприяє частковому збільшенню майдану шкіри. Віджимання для напівфабрикату напівсинтетичного і хромового методу дублення проводиться до вмісту вологи в шкірі: 55 - 60 % - при напрямі - « на стругання » і при напрямі - упаковка.

1.1.4 Красильно – жировальний цех

Шкіряний напівфабрикат завантажується в барабани фарбувального цеху для проведення дубильних процесів, [3] у тому числі:

• додублювання, мета - додублити і наповнити напівфабрикат дублячими речовинами;

• нейтралізація, мета - видалити за допомогою солей вільну кислоту, присутню в продублених шкірах. Ступінь нейтралізації визначає глибину прокрашиваемости шкіри фарбниками і розподіл продуктів жирування і наповнення в перетині шкіри. Від цієї операції залежить щільності і м'якості готової шкіри;

• фарбування, мета - додати шкірі за допомогою фарбувальних речовин рівномірне забарвлення напівфабрикату за площею і товщиною;

• поддублювання і наповнення, мета - наповнити, вирівняти по товщині і щільності топографічні ділянки напівфабрикату. Отримати шкіру з щільним, пришитим лицьовим шаром, а також з меншою тягучою і кращою шліфуємістю;

• жирування, мета - додати шкірі гнучкість, м'якість, водостійкість, міцність і еластичність.

1. Віджимання вологи і розводка шкір на віджимно-розлучній машині «Ріцци»

Мета операції: видалити механічним способом частку рідини, що міститься в шкіряному напівфабрикаті після красильно-жировальных процесів, розгладити лицьову поверхню від складок і зморшок.

2. Сушка шкір на вакуумній сушарці «Інкома»

Мета операції: основна сушка - висушити шкіряний напівфабрикат до вмісту вологи вказаної в методиці.

3. Виконання операції «Сушка шкір в ланцюговій прохідній сушарці»

Мета операции:рівномірно розподілити вологу по всій товщині шкіри, довести її вміст від 12 % до 18 % згідно методики на даний вид продукції.

4. Виконання операції «Тяжка шкір»

Мета операції: підвищити м'якість, гнучкість, еластичність шкір. Тяжка виконується на тянульно-мягчильні машині "Молліса" з шириною робочого проходу 1500 мм.

5. Виконання операції «Обрізка шкір»

Мета операції: проводиться після закінчення сушильних операцій для додання шкірам товарного вигляду.

Обробні процеси.

6. Нанесення адгезійного грунту на лінії покривного фарбування моделі SM/B-3000 фірми «Полетто».

Мета операції: забезпечити рівномірність і гладкість лицьової поверхні, а також достатню стійкість плівки до механічних дій і до дії органічних розчинників.

7. Нанесення покривной суміші на лінії покривного фарбування моделі SM/B-3000 фірми «Полетто».

Мета операції: нанести на лицьову поверхню шкіри і сформувати на підставі водорозчинних компонентів покривну плівку потрібного кольору, тону і відтінку. Замаскувати недоліки, що є на лицьовій поверхні шкіри, забезпечити рівномірність і гладкість лицьової поверхні.

8. Пресування на прохідному штампувальному пресі RG-18 «Ротопресс» (Італія).

Мета операції: створити сприятливі умови для формування покривной плівки, забезпечити рівномірну адсорбцію покривной плівки, поліпшити зовнішній товарний вигляд шкіри.

9. Нанесення закріплюючої суміші на лінії покривного фарбування моделі SM/B-3000 фірми «Полетто».

Мета операції: додати шкірі стійкість до води, до механічних дій, до підвищеної температури, до органічних розчинників, додати покриттю на шкірах блиск або матовість згідно вимоги замовника; зберегти еластичність шкір.

10. Пролежка на піддоні.

Мета операції: створити сприятливі умови для формування покривной плівки.

11. Пресування на прохідному штампувальному пресі RG-18 «Ротопресс» (Італія).

Мета операції: додати покривні плівці блиск або певний малюнок тиснення. Створити сприятливі умови для формування покривной плівки, забезпечити рівномірну адсорбцію покривні плівки, поліпшити зовнішній товарний вигляд шкіри.

12. Виконання операції «Пом’якшення шкіри на ручному пістолеті» (при необхідності)

Мета операції: підготувати напівфабрикат до процесу розбиття з метою отримання м'якшої шкіри, а також додати напівфабрикату вологість 16-18% або 18-22% рівномірну по товщині, необхідну для виконання подальших операцій.

13. Пролежка на піддоні.

Мета операції: створити сприятливі умови для процесу розбиття з метою отримання м'якшої шкіри.

14. Виконання операції «Тяжка шкір» (при необхідності)

Мета операції: підвищити м'якість, гнучкість, еластичність шкір. Тяжка виконується на тянульно-мягчильній машині "Молліса" з шириною робочого проходу 1500 мм.

15. Виконання операції «Розбиття шкір в барабані»

Мета операції: додати напівфабрикату особливу м'якість необхідну для окремих видів шкір, створити на лицьовій поверхні рівномірний малюнок, характерний для розбитих шкір.

16. Підсушка шкір на вакуумній сушарці «Інкома»

Мета операції: додати покриттю на шкірах блиск згідно вимог замовника; зберегти еластичність шкір, поліпшити зовнішній товарний вигляд шкіри.

1.1.5 Сортування готової продукції

Мета операції: розділити шкіри (залежно від їх якості) по сортах з врахуванням вимог ассортименту [4].

1.Вимір площі готової продукції

Мета операції: заміряти площу напівфабрикату.

2. Упаковка готової продукції.

Упаковку проводять в пачки по 5-6 шкір, відправляють фірмам-покупцям або для тимчасового зберігання в складське приміщення.

1.2 Загальна характеристика процесів зоління на ЗАТ “ВОЗКО”

Магістралі циркуляції води в процесі зоління шкіри представлено на слайдіі 02.00.

Промивання.

У барабан завантажується сировина, закриваються клапани, опускається захисний бар'єр і додається вода. Піднімається захисний бар'єр. У барабан завантажують кальциновану соду, подають ПАВ (при необхідності) [5].

Закривається люк, опускається захисний бар'єр. Барабан приводиться у стан обертання. Після деякого часу обертання відкривається клапан промивання і відпрацьована рідина зливається при обертанні барабана. Барабан зупиняється, клапан промивання закривається.

Відмока.

У барабан подається вода. Піднімається захисний бар'єр і відкривається люк. У барабан завантажують кальциновану соду і при необходності подають інші хімічні реагенти, антисептик і прискорювач отмоки . Закривається люк, опускається захисний бар'єр. Через деякий час піднімають захисний бар'єр,

відкривають барабан і проводять контроль процесу отмоки. Контроль процесу відмоки шкури після відмоки мають бути м'якими за всією площею, рівномірно білими по товщині розрізу.

Параметри відпрацьованої ванни: pH= 7,5-10,0 (контролюється на вимогу технолога); температура 14-35°С (контролюється 55 % партій в день). Відкриття клапана промивання і злив відпрацьованої рідини при барабані, що обертається, в каналізацію. Барабан зупиняється, клапан промивання закривається.

Зоління.

У нерухомий барабан подається вода. Піднімається захисний бар'єр, відкривається люк, в барабан подають матеріали для зоління. Люк закривається, опускається захисний бар'єр. Барабан приводиться в обертання. Режим обробки після подачі матеріалу: обертання від 30 хв. до 180 хв., далі обертання по режиму від 9 до 14 годин. В кінці процесу обертання, контроль зоління з кожної партії сировини беруться будь-які три шкури. Шкури після зоління мають бути повністю обезволошені, однорідні і напівпрозорі по товщині розрізу, зробленого в огузочній частині шкури на відстані 10 см від лінії хребта. Відкриття клапана промивання і злив зольника в каналізацію з барабана, що обертається. Закривається клапан промивання і барабан зупиняється.

Промивання.

У нерухомий барабан подається вода. Далі забезпечується обертання барабана. Відкривається клапан промивання і рідина зливається при обертанні барабана. Клапан промивання закривається, барабан зупиняється.

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПУ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ

2.1 Огляд існуючих методів вимірювання температури води, що подається в процес зоління

2.1.1 Загальний огляд датчиків

Використовувані датчики різноманітні і можуть бути класифіковані по різних ознаках [8,9].

Залежно від виду вимірюваної величини розрізняють: витратоміри, датчики механічних переміщень, пневматичні, електричні, датчики зусилля, швидкості, прискорення, температури тиску і ін.

Нині існує такий розподіл частки вимірів різних величин в промисловості: витрата (масова і об'ємна) – 15 %, температура – 50 %, тиск – 10 %, час – 4%, рівень – 5 %, кількість (маса, об'єм) – 5 %, електричні і магнітні величини – менше 4 %.

По вигляду вихідної величини, в яку перетвориться вхідна величина, розрізняють *неелектричні* і *електричні*: датчики частоти змінного струму (ЕРС або напруга), датчики постійного струму (ЕРС або напруга), датчики амплітуди змінного струму (ЕРС або напруга), датчики опору (активного, індуктивного або ємкісного) і ін.

Більшість датчиків – електричні пристрої. Це обумовлено наступними перевагами електричних засобів вимірювання:

- електричні величини універсальні;

- електричні величини легко передавати на відстань, передача здійснюється з високою швидкістю;

- вони дозволяють досягти високої точності, швидкодії і чутливості засобів вимірювання.

2.1.2 Характеристики датчиків

Датчик температури, може бути описаний певними характеристиками, сукупність яких дозволяє порівнювати датчики між собою і вибирати датчики, найбільш відповідні конкретним завданням [10].

Перерахуємо основні з цих характеристик :

1. Функція перетворення є функціональною залежністю вихідної її величини від величини вимірюваної :

$$y = f(x) \qquad (2.1)$$

Залежність представляється в певних розмірних величинах: x – в одиницях вимірюваної величини, y – в одиницях вихідного сигналу. Для датчиків температури – Ом/с або мВ/К.

2. Чутливість – це є відношення приросту вихідної величини датчика до приросту його вхідної величини:

$$S = dy/dx \qquad (2.2)$$

Для лінійної частини функції перетворення чутливість датчика величина постійна. Чустливіть датчика характеризує ступінь досконалості процесу перетворення в тому вимірюваної величини.

3. Поріг чутливості – це є мінімальна зміна вхідної величини, яку можна упевнено виявити. Поріг чутливості пов'язаний як з природою вимірюваної величини, так і з досконалістю процесу перетворення величини в датчику.

4. Метрологічні характеристики датчиків – визначаються конструктивно-особливостями датчика, стабільністю властивостей матеріалів, особливостями процесів взаємодії датчика з об'єктом.

5. Границя перетворення – максимальне значення величини, яке може без необоротних змін в датчику бути зміряне в результаті робочих дій. Верхня границя вимірів датчика звичайно менше границі перетворення принаймні на 10 %.

Метрологічні характеристики, визначають величини погрішностей і характер виміру датчиків. Частина погрішностей можуть бути випадковими і

враховуються методами математичної статистики. Систематичні погрішності можуть бути аналітично описані і виключені з результатів виміру [11].

Основними видами систематичних погрішностей є:

- погрішності, обумовлені варіацією функції перетворення унаслідок зміни напряму дії вхідної величини (для датчиків температури це нагрів-охолоджування);
- додаткові погрішності, обумовлені відзнакою умов роботи датчика від тих, в яких була визначена його функція перетворення;
- погрішності, обумовлені невідповідністю динамічних можливостей датчика швидкості дії вхідної величини. Можуть бути враховані введенням коефіцієнта термічної інерції;
- погрішності, обумовлені нелінійністю функції перетворення, що характерний для напівпровідникових датчиків температури;
- погрішності, обумовлені нестабільністю функції перетворення унаслідок процесів старіння матеріалу.

Надійність – розглядується в двох аспектах: механічна надійність і метрологічна надійність [12].

2.1.3 Типи напівпровідникових датчиків температури

Вплив температури на електричні іфізичні параметри напівпровідників в виявляються в зміні кількості в одиниці об’єму носіїв заряду, що приводить до зміни електричній провідності. На цьому явищі працюють напівпровідникові пристрої - терморезистори. В якості датчиків температури напівпровідникових іноді використовуються діоди і транзистори, де зміна кількості в одиниці об’єму носіїв заряду приводить до зміни струму, що протікає через вказаний прилад.

2.1.4 Датчики температури на базі напівпровідникових пристроїв

У датчиках температури на основі транзисторів і діодів використовують залежність параметрів p-n переходу в середині напівпровідника від температури.

Датчик TS-560, розроблений є напівпровідниковим діодом. Діапазон виміру такого датчика від 1 до 50 градусів цельсія, основна погрішність ±0,1 %. (рис. 2.1)



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд датчика TS-560

На основі транзисторів, у яких емітерний перехід включений в одне з плечей моста, створені термодатчики типу ТЕТ-2, ТЕТ-1. Перший тип використовується для виміру температури в домашніх умовах в діапазоні (0…+40°С) з основною погрішністю не більше ±1°С, другий – в діапазоні (0…+80°С) з погрішністю не більше ±1°С.

Важливою характеристикою для впровадження термодатчиків на основі діодів і транзисторів є стабільність їх параметрів. Результати дослідження стабільності термодатчиков на основі транзисторів з параметром, залежним від температури – прямою напругою на p-n переході залежно від температури і тривалості експлуатації, що погрішність виміру ними може складати (0,01.0,15)°С в перший рік експлуатації і (0,002.0,04)°С, - в другий рік.

2.1.5 Датчики температури на базі терморезисторів

Найбільшого поширення набули терморезистивні датчики. Принцип перетворення терморезистивного заснований на температурній залежності опору металів, сплавів і напівпровідників, що володіють високою відтворюваністю і стабільністю по відношенню до дестабілізуючих чинників. Чутливість температурну термометричного матеріалу характеризують температурним коефіцієнтом опору (ТКС) [14].

Змінюючи склад матеріалу чутливого елементу, можна отримати терморезистори як з негативним, так і з позитивним значенням ТКС в межах від – 6,5 до +20 %°С. Номінальні опори чутливих елементів залежать від їх складу і розмірів знаходяться в межах від 1 до 106 Ом. Номінальний опір терморезисторів спрощує вимоги до системи регулювання температури, що дозволяє обмежитися лінією зв'язку датчика з системою регулювання за двома проводами і зменшує погрішність перетворення, обумовлену завдовжки лінією зв'язку.

Чутливі елементи виготовляють самих різних конфігурацій – від намистинок діаметром 0,2 мм, дисків і шайб діаметром 3,25 мм до стрижнів діаметром 12 мм і завдовжки до 40 мм.

Проте, термодатчики такого типу володіють певними недоліками.

Але недоліком термометрів цього типу є те, що вони володіють низькою тимчасовою стабільністю і відтворюваністю.

Більшою стабільністю еоектрофізичних властивостей в порівнянні з аморфними речовинами володіють монокристали. Для створення чутливих елементів термометрів широке вживання отримали кремній і германій.

Датчики випускаються в двох модифікаціях з розрахунку на двопровідну або чотирипровідну схему включення. Чутливий елемент – тонка пластина легованого германію, до якої припаяні золоті виводи. Чутливий елемент поміщений в мельхіорову гільзу, що закінчується скляною голівкою з платиновим поясочком і припаяними через неї платиновими виводами, звареними усередині гільзи із золотими виводами від чутливого елементу.

Із зростанням температури чутливість таких термометрів швидко зменшується. При цьому відбувається зміна опору термометра від сотень МОм до десятих Ом. Для збереження високої чутливості аж до 300 градусів Кельвіна авторами робіт пропонується легування германію багатокомпонентне дрібними і глибокими домішками або донорними і акцепторними домішками.

Сюди можуть бути віднесені вугільні термодатчики, які по характеру провідності займають проміжне положення між металами і напівпровідниками, але володіють високими негативним ТКС і знайшли широке вживання в криогенній техніці. Як чутливий елемент вуглецевих термодатчиков часто використовуються вуглецеві радіотехнічні опори. Для широкого інтервалу температур статичні характеристики термодатчиків представляють співвідношенням типу:

$$\ln R = A/Tm + B \qquad (2.3)$$

де A, B і m – постійні.

Це рівняння дозволяє в діапазоні (3…60)°Кельвін отримати апроксимацію експериментальних даних з погрішністю не більше ±0,03°К.

Відомі вуглецеві плівкові термодатчики, чутливий елемент яких виготовляють з колоїдної суспензії графіту у воді, нанесеній на тонкі скляні пластинки. Ці датчики призначені для інтервалу температур (0,03…4,2)°К.

У інтервалі (4,2…273)°К використовують також склевуглецеві термодатчики. Для виготовлення їх чутливого елементу щелочно-боросилікатне скло піддають вилуговуванню, видаляючи з нього фазу, багату бором. Пори заповнюють тонко подрібненим вугіллям високої чистоти. Такий матеріал після висушування розрізають на пластини. На кінці пластин у вакуумі напилюють електроди. Потім пластини з виводами поміщають в платинові гільзи. Гільзи наповнюють гелієм і герметизують.

На основі легованого золотом, кремнію, розроблений термодатчик з негативним ТКС для вимірювання температури поверхні з робочим діапазоном (273...330)°К. Температурний коефіцієнт такого термодатчика змінюється від

8 % при 273°К до (2…3)% при 330°К. Чутливий елемент термодатчика у вигляді паралелепіпеда з монокристалічного кремнію нижньою широкою гранню прикріплений до контактного майданчика, нанесеною на пластину з монокристалічного сапфіра. Другий контакт знаходиться на верхній грані чутливого елементу і сполучений золотими мікропровідниками з іншим контактним майданчиком. Зверху чутливий елемент залитий смолою. Малий робочий діапазон таких термодатчиків пояснюється тим, що із зростанням температури ТКС зменшується пропорційно величині. Оскільки значення номінального опору (Rн) термодатчика залежить від розмірів чутливого елементу, а при розділенні пластини кремнію на окремі чутливі елементи неможливо добитися їх повної ідентичності, то розкид значень Rн в партії складає ≈20 %. Крім того, спостерігається розкид значень ТКС в межах 5 %, обумовлений різним ступенем легування кремнію в процесі виробництва. Велике значення показника теплової інерції розробленого термодатчика обмежує його використання в динаміці.

Розширити температурний вимірюваний діапазон можна, якщо включити паралельно кремнієвому терморезистору пасивний резистор (незалежний від температури) при живленні схеми постійним струмом або послідовно – при живленні схеми від джерела постійної напруги.

Позитивним значенням температурного коефіцієнта питомого опору в широкому діапазоні температур володіє кремній, легований домішками з малою енергією активації.

Кінцеві стадії технологічного процесу виготовлення термодатчиків відрізняються для різних фірм і залежать від переважної конфігурації приладу. Спільними операціями є припаювання виводів до контактних поверхонь і герметизація чутливих елементів смолою або склом. У деяких конструкціях кремнієвих датчиків брусок або пластину забезпечують механічними контактами, положення яких фіксують частково розплавленою скляною трубкою або заливкою смолою. Луджені мідні виводи приєднують до торцевих металевих контактів. Робочий діапазон датчиків з чутливими елементами на основі кремнію n-типа

найчастіше складає інтервал від 223°К до 423°К. Прі встановленні кремнієвих чутливих елементів в скляний герметичний корпус деяким фірмам удається збільшити верхній діапазон робочих температур 570 градусів.

Таким чином, на основі чутливих елементів, виготовлених з монокристалічного кремнію, розроблені і випускаються серійно термодатчики з широким набором номінальних опорів Rн, що працюють в діапазоні температур декілька сотень градусів Кельвіна.

Для датчиків цього типа характерні такі недоліки, як:

- зменшення розкиду значень Rн до (1.2)% досягається лише розбраковуваною чутливих елементів;
- розкид номінальних опорів (5...10)%, викликаний розкидом питомого опору і розмірів кремнієвого кристала ;
- розкид значень ТКС, обумовлений розкидом легування кремнію. Зменшення розкиду значень ТКС обмежене можливостями сучасної технології;
- велике значення показника термічної інерції оскільки є необхідність розміщення в корпусах напівпровідникових чутливих елементів для їх захисту від навколишнього середовища і забезпечення ізоляції електричної від об'єкту.

Крім того, процес збірки термодатчиків такого типу важко піддається автоматизації і, як правило, здійснюється з використанням великої частки ручної праці.

2.1.6 Плівкові датчики температури

Великі можливості по подальшому вдосконаленню плівкових термодатчиков виникли з появою у виробництві гетероепітаксіальних структур типу «кремній на сапфірі» (КНС), які є тонкою плівкою монокристалічного кремнію, вирощеною на підкладці з монокристалічного сапфіра. Використання структур КНС дає можливість створювати датчики, що характеризуються поєднанням достоїнств датчиків з плівковими і монокристалічними кремнієвими чутливими елементами. Вживання плівки монокристалічної кремнію для виготовлення терморезисторів забезпечує підвищену стабільність їх основних

характеристик термодатчиків. Хороші ізолюючі властивості сапфіра до значень температур близько 1300°С дозволяють створювати термодатчики, верхня межа робочих температур яких, обмежена тільки фізичними властивостями кремнію. Високий теплопровідності коефіцієнт сапфіра сприяє зниженню показника теплової інерції термодатчика.

В даний час на основі чутливих елементів з КНС-структур розроблено ряд термодатчиків. Так датчик температури ТЕЕ-295, розроблений в НВО вимірювальної техніки, працює в діапазоні температур від (73…473)°С і має основну погрішність 0,25 % .

У науковому центрі були розроблені аналогічні датчики з термочутливими елементами і ТЕ-2, що працюють в діапазоні температур від 73 до 723°К і що мають погрішність 0,25 % і вихідний сигнал (4.20) мА. У цих датчиках лінеаризація вихідного сигналу здійснювалася за допомогою одного або двох незалежних резисторів, залежно від способу живлення – від генератора струму або генератора напруги.

Загальний вигляд обраного датчика представлено на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Датчик ТЕ-2

Для отримання уніфікованого вихідного сигналу використаний електронний перетворювач. Мостова схема харчується від стабілізованого джерела постійної напруги 4В. Інформативний сигнал у вигляді різниці напруги ΔU на вимірювальній діагоналі моста, пропорційний зміні опорів термочутливих резисторів, поступає

на вхід диференціального підсилювача електронного перетворювача датчика і перетвориться в стандартний сигнал постійного струму (4…20) мА.

Датчика температури, реалізована на базі чутливого елементу ТЕ-1 з одним терморезистором. В цьому випадку терморезистор R(t) разом з линеаризуючим шунтом R_{π} включені в ланцюг живлення від стабілізованого джерела постійного струму 0,8 мА. Незалежний резистор R включений в ланцюг живлення від іншого стабілізованого джерела постійного струму 0,8 мА. Різниця падіння напруги U на цих резисторах, пропорційна величині вимірюваної температури, поступає на вхід диференціального підсилювача датчика і потім перетвориться в стандартний вихідний сигнал постійного струму 4…20 мА.

2.2 Підходи при нагріванні потоку рідини в трубі

2.2.1 Основні типи водонагрівачів

Перш за все **водонагрівачі** (їх ще інколи називають водопідігрівачами) розрізняються за принципом нагріву. При **поверхневому** нагріві тепло передається воді при зіткненні її з поверхнею теплопередающих елементів, а при **контактному** воно передається воді гарячою парою або газом [16].

Виходячи з цього, водонагрівачі класифікуються по різних типах, найпоширеніші з яких – два: по вигляду палива (**газові**, **електричні**, **непрямі** або **комбіновані**) і за способом нагріву води (накопичувальні і проточні). Слід мати на увазі, що водонагрівачі відкритого типу підключаються до безнапірного водопроводу і можуть обслуговувати тільки одну водорозбірну точку (кухонне миття, умивальника і ін.). Принцип дії такого приладу заснований на тому, що холодна вода при відкритті крана з гарячою водою відразу поступає в бак і витісняє гарячу воду до водорозбірного крана за рахунок своєї меншої щільності. Апарати закритого типу встановлюються в одній і тій же системі з лінією холодного водопостачання і обслуговують декілька водорозбірних крапок (наприклад, ванну і душову кабіну). У резервуарі агрегату підтримується постійний тиск, відповідний тиску у водопровідній мережі. Зазвичай водонагрівач

цього типа оснащений спеціальною запобіжною групою, яка не допускає перевищення тиску робочого вище допустимих значень. Слід пояснити деякі терміни. Водонагрівачі непрямого нагріву (інакше, бойлери) отримують теплоенергію від теплоносія якої-небудь системи опалювання. Наприклад, їх можна підключати до опалювального казана. Комбіновані апарати мають, окрім трубчастих електронагрівачів – тенів, ще і топки для твердого палива або змійовики для підключення до опалювального казана. У проточних водонагрівачах нагріваючи води відбувається у міру її просування через теплопередаючі елементи (тени, мідні труби, пластинчасті теплообмінники). У накопичувальних - вода нагрівається у великих резервуарах і далі поставляється користувачеві.

2.2.2 Електричні водонагрівачі проточні

Як вже відмічено вище, електричні водонагрівачі діляться на **проточні** і **накопичувальні**. Саме ця класифікація надзвичайно важлива для вибору потрібного апарату залежно від тих цілей, для яких він використовуватиметься [16].

У проточному електричному водонагрівачі холодна вода нагрівається до температури, протікаючи через колбу з Теном. Потужність цих апаратів складає від 3 до 27 кВт. Більшість водонагрівачів оснащена системою автоматичного включення водозабору. Існують проточні водонагрівачі як для однофазної мережі (їх потужність зазвичай не перевершує 12 кВт), так і для трифазної мережі (моделі потужністю від 12 до 27 кВт).

Проточний водонагрівач має більшість переваг перед іншими аналогічними апаратами. Він готує гарячу воду безпосередньо з водопровідної води в реальному часі. Якщо необхідно користуватися апаратом протягом всього року, то доцільно встановити трифазний водонагрівач, що має потужність від 12 до 27 кВт.

Є апарати з гідравлічним управлінням, в яких нагріваючи води здійснюють як тени, так і неізольовані спіральні нагрівальні елементи. Біля моделей високого класу є електронне управління, здійснюване мікропроцесором.

З недоліків можна визначити, що електричний проточний водонагрівач не має ємкості для води, тому щоб нагрівати великий об'єм води, потрібні значні витрати електричної енергії. З цієї ж причини неможливо забезпечити гарячою водою відразу декілька водозабірних точок одночасно. Наприклад, для встановленя душу потрібний апарат потужністю не менше 8 кВт. Щоб встановити водонагрівач, потрібно ще і додаткове устаткування: автомат-захист і окремий кабель для підключення. Все це значно підвищує вартість установки. Крім того, електричний проточний водонагрівач має відносно невисоку продуктивність, що визначається двома чинниками - температурою вхідної води і потужністю самого приладу. А через погану якість води на нагрівальній спіралі дуже швидко утворюється вапняний наліт, який скорочує термін служби водонагрівача.

Проточні водонагрівачі успішно використовуються в міських квартирах, а також в офісах, лікарнях, ресторанах і інших приміщеннях.

Переваги:

-моментальний нагрів, необмежена кількість гарячої води, компактні розміри, відсутність необхідності регулярного технічного обслуговування.

Недоліки:

-додаткові вимоги до підключення до мережі через велику потужність (від 3 до 27 кВт).

2.2.3 Електричні накопичувальні водонагрівачі

Електричні накопичувальні водонагрівачі - прості і надійні пристрої. Як вже наголошувалося вище, вони бувають **відкритого** і **закритого** типу. Цим апаратом є казан (бак, бойлер) різного об'єму, в якому підігрівається вода. Бак водонагрівача (у бойлерах - змійовик) виготовляється з неіржавіючої сталі, покритою термостійкою глазур'ю на основі скломатеріала. Баки деяких нагрівачів покриваються тефлоном. Найдовговічнішими і кращими в санітарно-гігієнічному відношенні є баки з високолегованої неіржавіючої сталі. У апараті встановлений тен і захисний магнієвий анод, який запобігає корозії внутрішнього бака і появі накипу [16].

Водонагрівач цього типу, як правило, має теплоізоляцію для збереження води в гарячому стані, термостат, що дозволяє задавати бажану температуру, зовнішній корпус і запобіжний клапан для підбурювання надлишкового тиску. Водонагрівачі даного типа в більшості своїй випускаються вертикального, або горизонтального виконання. Накопичувальний водонагрівач типа бойлер підключається до опалювального казана. Існують бойлери, виконані в одному корпусі з опалювальним казаном. Холодна вода поступає в апарат з водопроводу. Водонагрівач розігріває воду до 55°С-85°С і автоматично підтримує її температуру на встановленому рівні тривалий час. Якість приготованої води в накопичувальному водонагрівачі залежить від чистоти внутрішніх поверхонь і визначається регулярністю профілактичних обробок і якістю матеріалів, з яких виготовлені поверхні водонагрівача. Оскільки нагріваючи води відбувається поступово, електричний накопичувальний водонагрівач не вимагає великої електричної потужності. В середньому вона складає близько 1.2 – 3.0 кВт.

Особливість водонагрівача цього типа полягає в тому, що він може забезпечити гарячою водою відразу декілька водорозбірних точок одночасно.

З іншого боку, до недоліків таких водонагрівачів можна віднести необхідність проведення технічного періодичного обслуговування: промивання внутрішньої поверхні бака, заміни магнієвого анода, чищення тенів від накипу. Обмежений і об'єм гарячої води, який можна використовувати в даний момент, а час нагріву наступної "порції" вельми відчутно. Правда, такі ситуації виникають не часто.

Водонагрівачі дозволяють запасти практично будь-яку кількість гарячої води, але, на відміну від проточних водонагрівачів, вони некомпактні і вода в них нагрівається набагато довше.

Не можна не відзначити важливу особливість електричних накопичувальних нагрівачів. Незалежно від якості покриття внутрішніх поверхонь водонагрівача, при температурі 35°С - 40°С в стоячій воді починають розмножуватися бактерії. Щоб знищити мікроорганізми, необхідно не рідше за один раз в день доводити температуру в резервуарі до 60°С. У бойлерах і

нагрівачах високого класу з програмним управлінням це відбувається автоматично. Для того, щоб вода не застоювалася в баку і трубах, контур гарячої води закільцьовують, а циркуляційний насос гонить її через всі точки водозабору і повертає в бак. Окрім захисту від бактерій, така циркуляція забезпечує практично миттєву подачу гарячої води при відкритті крана.

Переваги:

- низька споживана потужність, простий монтаж і підключення, можливість обслуговування одночасно декількох водозабірних точок, великий запас гарячої води.

Недоліки:

тривалість, в порівнянні з проточними водонагрівачами, нагрівання води, крупні габарити.

2.2.4 Газові проточні водонагрівачі

Газові проточні водонагрівачі (інакше їх називають газовими колонками) служать для тих же цілей, що і електричні. Вони використовуються, якщо є постійна потреба в гарячій воді без різких сплесків її споживання. Головна перевага цих апаратів перед електричними – їх економічність. У останньому ж газові проточні водонагрівачі практично не відрізняються за своїми споживчими властивостями. Основними елементами проточного водонагрівача є пальник для підігрівання води, що проходить через теплообмінник, і автоматика, яка забезпечує безпечну роботу. Спеціальний запобіжний клапан з термопарою забезпечує перекриття подачі газу, якщо пальник випадково згасне. Давно минули часи, коли газ в колонках запалювали уручну. Сучасний проточний газовий водонагрівач включається натисненням кнопки (моделі з п’єзозапалюванням) або автоматично при відкритті крана гарячої води (моделі з електронним запалюванням). Він економічніший, оскільки в нім немає запальника з полум'ям, що постійно горить. Система запалення автоматизована і не вимагає регулювання, забезпечуючи згорання повне газу під час пуску. У апараті цього типу можна плавно регулювати температуру води, що підігрівається, при цьому автоматика

забезпечить її постійність, незалежно від перепадів натиску води. На особливу згадку заслуговують моделі, оснащені модуляційним пальником. Такий пальник забезпечує сталу температуру води на виході з колонки причому незалежно від коливань температури вхідної води [16].

Найважливішим параметром сучасної газової колонки є її потужність, що показує кількість гарячої води, яку можна отримати на виході. Колонки зазвичай розділяються на три групи: невисокої (17-19 кВт), середньої (22-24 кВт) і високої (28-30 кВт) потужності. Вибираючи потрібний пристрій, потрібно звертати увагу на те, яка саме потужність вказана в рекламному буклеті - корисна або споживана. Ці величини зв'язані між собою коефіцієнтом корисної дії апарату. Важлива корисна потужність, що витрачається безпосередньо на нагрів води.

Переваги:

-необмежений об'єм гарячої води, компактні розміри, автономність від електромережі, економічність.

Недоліки:

-необхідна наявність подачі централізовано газу до місця експлуатації водонагрівача.

2.2.5 Газові накопичувальні водонагрівачі

Ємкісні газові водонагрівачі випускаються двох типів: з **примусовою тягою** (із закритою камерою згорання) і з **природною тягою** (з відкритою камерою згорання). Водонагрівачі з примусовою тягою не вимагають притоку повітря додатково в приміщення для підтримки горіння і не потребують громіздкого димаря. Замість нього з успіхом застосовується короткий коаксіальний, який може бути виведений на вулицю прямо через стіну. Правда, такі водонагрівачі в півтора рази дорожче за пристрої з природною тягою.

Газові накопичувальні водонагрівачі виконані в настінному і настільному варіантах. Основні елементи водонагрівача: бак, захищений зсередини покриттям і забезпечений анодом магнієвим для запобігання виникненню корозії; термоізоляція; витяжний ковпак, що запобігає зворотному потоку газів, що

відходять; атмосферний газовий пальник; блок управління і система захисту, що перекриває надходження газу в разі яких-небудь несправностей; зовнішній корпус із сталі, покритий шаром фарби. Виробництво гарячої води в одиницю часу безпосередньо пов'язане з тепловою потужністю приладу: чим більше потужність теплообмінника, тим більше гарячої води може видати водонагрівач.

Переваги:

-водонагрівачмає показники цього типу ті ж, що і електричний;

-насамперед, підвищена комфортність, обумовлена великим запасом гарячої води. Вживання газового накопичувального водонагрівача часто набагато вигідніше, оскільки його вартість з лишком окупається при експлуатації. Адже газ у декілька разів дешевше за електрику. Велика продуктивність водонагрівача дозволяє йому за певних умов успішно конкурувати з газовою колонкою;

- висока безпека експлуатації;

- високоякісна теплоізоляція;

- підвищена антикорозійна стійкість;

- додатковий захист від корозії;

- магнієвий анод;

- установка як у вертикальному, так і в горизонтальному положенні.

Недоліки:

-необхідність централізованої подачі газу до місця експлуатації водонагрівача;

- великі розміри, витрата газу на підтримку заданої температури.

2.3 Основні типи клапанів

2.3.1 Клапан типу РТ-ТС

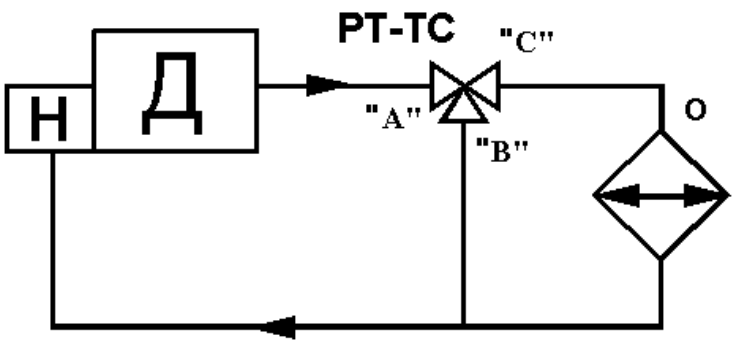
Такий клапан призначений для автоматичного регулювання температури в нагрівальних і охолоджувальних системах побутових, комунальних і промислових установок (рис. 2.3)[17].

Типове використання: відкриті системи гарячого водопостачання і опалювання; охолоджувачі газомотокомпресорів, еплообмінників.

Терморегулятори відносяться до регулюючих пристроїв прямої дії, що не вимагають для своєї роботи стороннього джерела енергії. Принцип дії заснований на переміщенні клапана залежно від зміни об'єму наповнювача термочутливого елементу (датчика температури ТД-м) пропорційно зміні температури теплоносія.

При підвищенні температури регульованого середовища клапан переміщається термочутливим елементом, при цьому витрата в каналі "С" збільшується, а в каналі "В" зменшується. Співвідношення витрат змінюється до тих пір, поки регульована температура не набуде заданого значення.

При пониженні температури, відновлення заданого температурного режиму відбувається під дією пружини повернення, що переміщає клапан в положення, при якому витрата в каналі "С" - зменшується, в "В" - збільшується. Також по спец. замовленню прилад може комплектуватися фільтром відповідного діаметру умовного проходу, у відповідь приварними сталевими фланцями, корпусні деталі можна виготовити із сталі 25 або 12Х18Н10Т.



Д – Двигун Н - Насос Т - Терморегулятор РТ-ТС О – Охолоджувачь

Рисунок 2.3 – Схема піключення

2.3.2 Клапан типу РТ-ДО

Регулятор температури прямої дії типу РТ-ДО(ДЗ) (рис. 2.4) призначений для автоматичного підтримування температури регульованого середовища шляхом зміни паровитрати, рідкого і газоподібного середовища, неагресивної до матеріалів регулятора (корпус СЧ-15, сідло 40Х13, клапан 20Х13, шток і термобаллон термосистемы 12Х18Н10Т). Регулятор РТ-ДО - з двоходовим нормально відкритим регулюючим органом; РТ-ДЗ - з двухходовым нормально закритим регулюючим органом [17].

Також по спецзамовленню прилад може комплектуватися фільтром відповідного діаметру умовного проходу, у відповідь приварними сталевими фланцями, можливе виконання корпусних деталей із сталі 25 або 12Х18Н10Т.

Сфера застосування регуляторів:

- для систем центрального опалювання;
- охолоджувачів двигунів, конденсаторів і очисних станцій;
- парогенераторів, печей, теплообмінників, бойлерів, цистерн;
- знежирюючих установок і гальванічних сушильних шаф;
- сушильних приміщень і теплиць;
- трубопровідних магістралей.

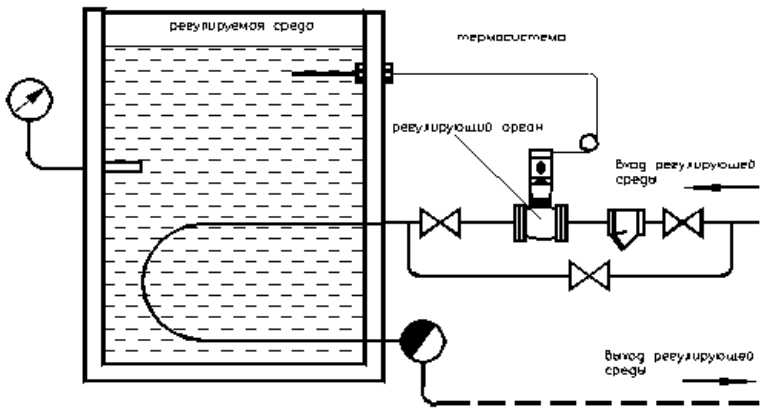


Рисунок 2.4 - Схема вмикання регулятора РТ-ДО в системі автоматичного піддержування температури води

2.3.3 Клапан типу РТС-ДО

Такі клапани призначені для автоматичного регулювання температури в нагрівальних і охолоджувальних системах побутових, комунальних і промислових установок [17]. Типове використання: відкриті системи гарячого водопостачання і опалювання; охолоджувачі газомотокомпресорів, теплообмінників.

Терморегулятори відносяться до регулюючих пристроїв прямої дії, що не вимагають для своєї роботи стороннього джерела енергії. Принцип дії заснований на переміщенні клапана залежно від зміни об'єму наповнювача термочутливого елементу (датчика температури ТД-м) пропорційно зміні температури теплоносія.

Автоматична підтримка заданої температури проводиться за способом перепускання. Співвідношення кількості регульованого середовища в каналах "В" і "С" визначається температурою. При підвищенні температури регульованого середовища клапан переміщається термочутливим елементом, при цьому витрата в каналі "С" збільшується, а в каналі "В" зменшується. Співвідношення витрат змінюється до тих пір, поки регульована температура не набуде заданого значення. При пониженні температури, відновлення заданого температурного режиму відбувається під дією пружини повернення, що переміщає клапан в положення, при якому витрата в каналі "С" - зменшується, в "В" - збільшується.

В розроблюваній системі використаємо запірний клапан із виконавчим механізмом типу МЕК-10.

3 ОПИС ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОБРАНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ В ПРОЦЕСІ ЗОЛІННЯ ШКІРИ

3.1 Розробка структури системи регулювання температури води, що подається в барабани зольної галереї

Система регулювання температури води, що подається в барабан зольної галереї є складовою частиною керуванням процесом зоління шкіри. Задачею даної системи підігрів до заданої температури води при подачі її в барабан. Система повинна містити чутливий елемент, який однозначно реагує на температуру води.

При цьому відомо, що витрата води складає 1 $м^3$/хв., а час заповнення барабана водою складає 10 хв. Таким чином необхідно встановити чутливий елемент (датчик температури), на трубопроводі на певній відстані від барабану. Звичайно, можливо було б встановити датчик температури безпосередньо на вході в барабан, однак при цьому необхідно було б дещо ускладнити конструкцію.

В даному випадку є можливість конструктивна розміщення датчика температури на певній відстані від барабану. Це дасть можливість своєчасно регулювати температуру води на вході в барабан та забезпечити необхідний температурний режим процесу зоління шкіри.

На мікроконтролер необхідно покласти окрім задачі зчитування сигналу датчика температури, запам’ятовування моменту часу закінчення подачі води ще і задачу запуску таймера. Таймер повинен відлічити час 10 хвилин, далі, закінченню якого контролер подає звуковий сигнал оператору. Оператор має вжити заходів, передбачених інструкцією технологічною, спрямованих на забезпечення роботи барабану. За вимогами технологічної інструкції такі заходи необхідно вживати при запуску процесу обертання барабану. В даному випадку вибрано час відліку контролера рівним 12 хвилин, оскільки за інструкцією технологічною оператору потрібно дві хвилини аби вжити заходів щодо попередження.

3.2 Розробка та опис схеми функціональної системи регулювання температури, що подається в барабан

Виходячи з викладеного матеріалу, можна розробити функціональну схему системи. Схема, представлена на слайді 03.01, містить: датчик регулювання температури; погоджувальний блок (підсилювач масштабуючий), який забезпечує приведення сигналу з датчика до рівня, достатнього для введення в мікроконтролер; мікроконтролер, який, зчитуючи вхідні дані, виробляє керуючий сигнал для привода клапана подачі води; силові ланцюги, які забезпечують підсилення сигналів керуючих з виходу мікроконтролера та подачу їх на пускач привода клапана, який відпрацьовує керуючі сигнали; регульований об’єкт – магістраль подачі води в технологічний процес. Узагальнений алгоритм роботи системи регулювання температури води представлено на слайді 03.02.

3.3 Розробка принципової схеми реалізації системи регулювання температури води, що подається в барабан

Поява мікропроцесорних засобів призвело до їх застосування у різних галузях народного господарства. Висока надійність, функціональна гнучкість, малі габарити та вартість мікропроцесорних засобів обгрунтовують застосування в системах автоматичного керування.

На сьогодні елементна база цифрової техніки відкриває можливості побудови цифрових регуляторів на основі мікропроцесорів з програмною реалізацією операцій в реальному масштабі часу. Зокрема, однокристальні мікроконтролери - прилади, що конструктивно виконані у вигляді ВІС і вміщують в себе складові частини мікроЕОМ: пам’ять програм, мікропроцесор, пам’ять даних, а також програмуємі інтерфейси для зв’язку із середовищем зовні. Використання мікроконтролерів в системах управління забезпечує досягнення високих показників ефективності при невеликій вартості, малих габаритах, вазі, відносно високій обчислювальній потужності, енергоспоживанні [1-5].

Структурна організація, апаратурно-програмні засоби вводу/виводу інформації та набір команд мікроконтролерів краще всього пристосовані для вирішення задач керування в приладах, пристроях і системах автоматики. На практиці при проектуванні мікропроцесорних систем слід враховувати ряд факторів – це , раціональний розподіл функцій САК, забезпечення заданих показників якості керуваннямiж програмними та апаратними засобами, спряження цифрової і аналогової частин системи.

На показники якості керування, як точність, динаміка, вірогідність виконання функцій керування та ін., впливають особливості реалізації цифрового алгоритму керування в мікроконтролері. При цифровому представленні інформації здійснюється квантування по рівню та дискретизація процесів в часі. Дискретизація в часі процесів, що здійснюється у відповідності з деяким критерієм якості функціонування системи, пред'являє вимоги до швидкодії мікроконтролера, а квантування сигналів за рівнем приводить до виникнення шумів квантування.

Вирішення задачі розподілу функцій системи на програмно та апаратно реалізуємі пов'язане із необхідністю аналізу багатьох факторів - забезпечення заданої потужності мікроконтролера, характер представлення вхідної і вихідної інформації, структура системиособливості цифрових алгоритмів обробки інформації.

Для з' аналогової частини системи з мікроконтролером використовуються цифроаналогові та аналого-цифрові перетворювачі, до яких пред'являються високі вимоги по точності, швидкодії та лінійності перетворення. Виникає необхідність програмного та схемотехнічного спряження АЦП іншої розрядності, в порівнянні з тією, яку має власне мікроконтролер. Останнім часом широкого розповсюдження отримали мікроконтролери з вбудованими пристроями АЦП високої розрядності, що дає можливість не використовувати мікросхеми додатково, а це значно полегшує проектування електричних схем.

Для побудови мікропроцесорної САК, враховуючи вище викладене таким вимогам задовольняє мікроконтролер однокристальний типу AT90S4433. В порівнянні з реалізованими апаратурно цифровими регуляторами регулятори з

реалізацією програмною є менш швидкодіючими, проте вони більш універсальні, мають кращі масогабаритні характеристики, легко переналаштовуємими. Надійність мікропроцесорних САК в порівнянні із системами на іншій елементній базі є високою. В схемі регулювання температури води можна виділити дві основні частини: силову (енергетичну) та слабкострумову (керуючу). Реалізація слабкострумової частини на одному мікропроцесорі дозволяє підвищити універсальність і надійність САК, достатньо просто реалізувати необхідні закони зміни діянь. Оскільки інформація про процес міститься в цифровому сигналі і не пов'язана з його енергією, то вона менш піддана дії перешкод та викривлень.

Слабкострумова частина мікропроцесорної системи повинна вирішувати задачі реалізації програмної регулятора цифрового і формування кодових послідовностей для керування силовою частиною для керування задвижкою подачі води.

Принципіальна схема системи наведена на слайді 06.00. Складається із мікроконтролера AT90S4433, який реалізує алгоритм керування за показами відповідного датчика температури води, масштабуючого вхідного пристрою для приведення вхідних сигналів до рівня уніфікованого, що сприймається мікроконтролером, рідкокристалічного індикатора, силової частини.

На мікросхемі AT90S4433 зібраний мікроконтролер з тактовим внутрішнім генератором G1, частота якого визначається кварцовим резонатором 12 МГц. Вхідний масштабуючий підсилювачі, який перетворює в масштабі вхідні сигнали датчика до рівня, що сприймається системою, виконаний на мікросхемі К140УД17 - елементі DA3 – це операційний підсилювач, який використовується для підсилення сигналів без викривлень з датчиків, подавляє синфазний сигнал, має невелику напругу зміщення нуля, малий дрейф нуля, великий вхідний опір, малий рівень шумів, зміна масштабу забезпечується зміною коефіцієнта підсилення підсилювача операційного [6-8]; керуючі сигнали з портів PB0 та PB1 надходять через силову розв'язку, виконану на транзисторах VT1, VT3 та VT2, VT5 на входи безконтактного реверсивного пускача ПБР-1 виконавчого механізму МЕК-10 який змінює положення заслінки клапана подачі води.

4 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ВИРОБУ

4.1 Рівняння елементів системи

Визначено рівняння елементів системи з літературних джерел :

об’єкта:

$$T_0(\frac{d\Theta}{dt}) + \Theta = k_0\mu - k_1 f \ ; \tag{4.1}$$

вимірювальної схеми:

$$\varepsilon = k_3\rho \ ; \tag{4.2}$$

виконавчого двигуна з регулюючим органом:

$$T_1(\frac{d^2\mu}{dt^2}) + \frac{d\mu}{dt} = k_5 U \ ; \tag{4.3}$$

чутливого елемента:

$$\rho = k_2\Theta \ ; \tag{4.4}$$

підсилювача:

$$U = k_4\varepsilon_1 \ ; \tag{4.5}$$

сигнал неузгодження:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_0 - \varepsilon \ . \tag{4.6}$$

Параметри:

Θ – поточне значення температури води;

μ – переміщення регулюючого елемента;

ε_0 – вхідний параметр;

f – еквівалентне збурююче діяння;

ε_1, U – відповідно вхідний і вихідний сигнали підсилювача;

ρ – сигнал чутливого елемента;

ε – вихідний сигнал вимірювальної схеми.

Для розрахунків прийнято наступні значення постійних часу та коефіцієнтів підсилення елементів системи:

T_0 = 2000 с; T_1 = 0,070 с; f = 1,2 см;
k_0 = 22 град/см; k_1 = 2,5 град/см; k_2 = 30 Ом/град;
k_3 = 0,001 В/Ом; k_4 = 200; k_5 = 0,25 см/В.

Вимоги до синтезованої САР (слайд 04.01):

- в процесі синтезу САР розробити систему, оптимальну за швидкодією;
- запас стійкості за модулем не менше 15 дБ, за фазою не менше 30°.
- максимальне перерегулювання не повинно перевищувати 25 %.
- час регулювання приймається зменшеним на 30 % від отриманого для заданих параметрів системи;

4.2 Будова та принцип дії САР

Завдання САР - підтримка температури води на певному (приблизно сталому) рівні за рахунок зміни положення клапана. Контроль температури води здійснюється за допомогою термодатчика.

4.3 Функціональна схема САР

На основі принципової схеми системи було побудовано функціональну схему САР, вигляд якої представлено на рис. 4.1:

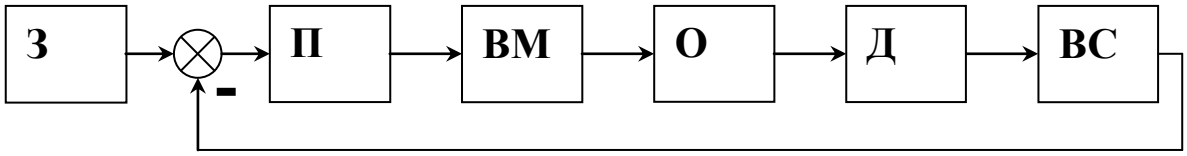


Рисунок 4.1 – Функціональна схема САР температури води:
З – задаючий пристрій; П – підсилювач; ВМ – виконавчий механізм;
О – об’єкт регулювання; Д – датчик; ВС – вимірювальна схема

4.4 Структурна схема системи

Для побудови структурної схеми системи були використані диференціальні рівняння елементів схеми. Для отримання функції передаточних елементів схеми застосовано пряме перетворення Лапласа.

Для отримання функції передаточної об’єкта прирівняємо до нуля збурююче діяння *f*, оскільки задача – отримати функцію передаточну за керуючим діянням, маємо:

$T_0(\frac{d\Theta}{dt}) + \Theta = k_0\mu - k_1 f \quad T_0 \cdot \overline{\Theta} \cdot p + \overline{\Theta} = k_0\overline{\mu}$, де *p* – оператор Лапласа.

$$W_O(p) = \frac{\overline{X}_{вих}}{\overline{X}_{вх}} = \frac{\overline{\Theta}}{\overline{\mu}} = \frac{k_0}{T_0 p + 1}. \tag{4.7}$$

Маємо аперіодичну динамічну ланку першого порядку.

Таким же чином отримуємо функції передаточні інших елементів системи: чутливого елемента:

$$W_д(p) = \frac{\overline{\rho}}{\overline{\Theta}} = k_2; \tag{4.8}$$

підсилювача:

$$W_п(p) = \frac{\overline{U}}{\overline{\varepsilon}_1} = k_4; \tag{4.9}$$

вимірювальної схеми:

$$W_{вс}(p) = \frac{\overline{\varepsilon}}{\overline{\rho}} = k_3; \tag{4.10}$$

виконавчого двигуна з регулюючим органом:

$$W_{вм}(p) = \frac{\overline{\mu}}{\overline{U}} = \frac{k_5}{T_1 p^2 + p} = \frac{k_5}{p(T_1 p + 1)}. \tag{4.11}$$

Відповідно до вигляду функціональної схеми системи складемо її структурну схему (рис. 4.2, слайд 04.02).

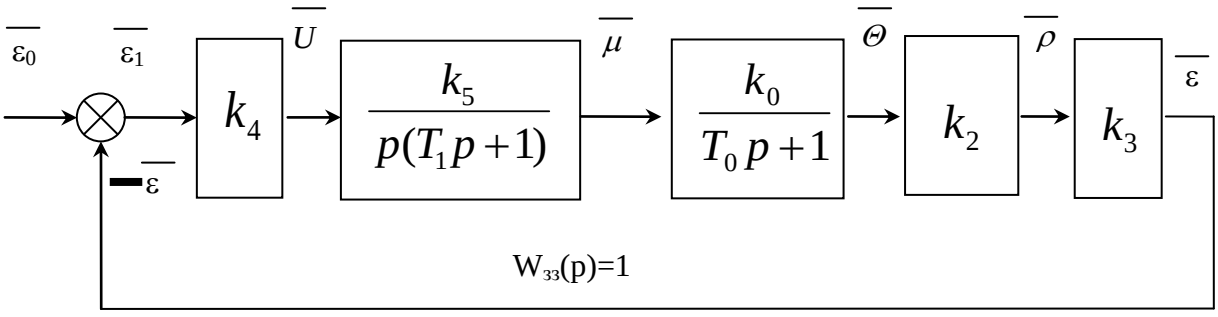


Рисунок 4.2 – Структурна схема САР температури води

4.5 Визначення передаточних функцій системи та характеристичного рівняння

Елементи структурної схеми системи розташовані послідовно, а значить для отримання функції передаточної розімкнутої системи потрібно перемножити передаточні функції елементів:

$$W_p(p) = W_n(p) \cdot W_{вм}(p) \cdot W_o(p) \cdot W_д(p) \cdot W_{вс}(p) = \frac{k_0 k_2 k_3 k_4 k_5}{p(T_1 p + 1)(T_0 p + 1)}$$

Введено позначення:

$$k = k_0 k_2 k_3 k_4 k_5$$

Передаточна функція розімкнутої системи має вигляд:

$$W_p(p) = \frac{k}{p(T_1 p + 1)(T_0 p + 1)}. \quad (4.12)$$

За умови одиничного зворотного зв'язку передаточна функція замкнутої системи:

$$W_з(p) = \frac{W_p(p)}{1 + W_p(p)} = \frac{k}{p(T_1 p + 1)(T_0 p + 1) + k}. \quad (4.13)$$

Характеристичне рівняння має такий вигляд:

$$T_1 T_0 p^3 + (T_1 + T_0) p^2 + p + k = 0. \quad (4.14)$$

Підставивши відповідні значення коефіцієнтів підсилення та сталих часу:

$$140 p^3 + 2000{,}07 p^2 + p + 33 = 0$$

4.6 Побудова АФЧХ, ЛАЧХ та ЛФЧХ розімкнутої системи

4.6.1 Побудова АФЧ характеристики розімкнутої системи

Для побудови АФЧ характеристики розімкнутої системи необхідно у передаточній функції провести заміну $p = j\omega$ ($j = \sqrt{-1}$, ω - частота), виділити уявну $Q(\omega)$ і дійсну $P(\omega)$ частини та, змінюючи частоту від 0 до ∞, відкласти відповідні значення:

$$W_p(\omega) = \frac{k}{T_1 T_0 (j\omega)^3 + (T_1 + T_0)(j\omega)^2 + j\omega}$$

Провівши перетворення та підставивши значення сталих часу і коефіцієнтів , отримаємо:

$$W_p(\omega) = \frac{k}{-jT_1T_0\omega^3 - (T_1 + T_0)\omega^2 + j\omega} = \frac{k(-(T_1 + T_0)\omega^2 - j(\omega - T_1T_0\omega^3))}{(-(T_1 + T_0)\omega^2)^2 + (\omega - T_1T_0\omega^3)^2};$$

$$P(\omega) = \frac{k(-(T_1 + T_0)\omega^2)}{(-(T_1 + T_0)\omega^2)^2 + (\omega - T_1T_0\omega^3)^2} = \frac{33(-2000{,}07\omega^2)}{(-2000{,}07\omega^2)^2 + (\omega - 140\omega^3)^2};$$

$$Q(\omega) = \frac{k(-(\omega - T_1T_0\omega^3))}{(-(T_1 + T_0)\omega^2)^2 + (\omega - T_1T_0\omega^3)^2} = \frac{33(-(\omega - 140\omega^3))}{(-2000{,}07\omega^2)^2 + (\omega - 140\omega^3)^2}$$

Далі, підставляючи значення ω від 0 до ∞, побудуємо графік АФЧ характеристики (рис. 4.3):

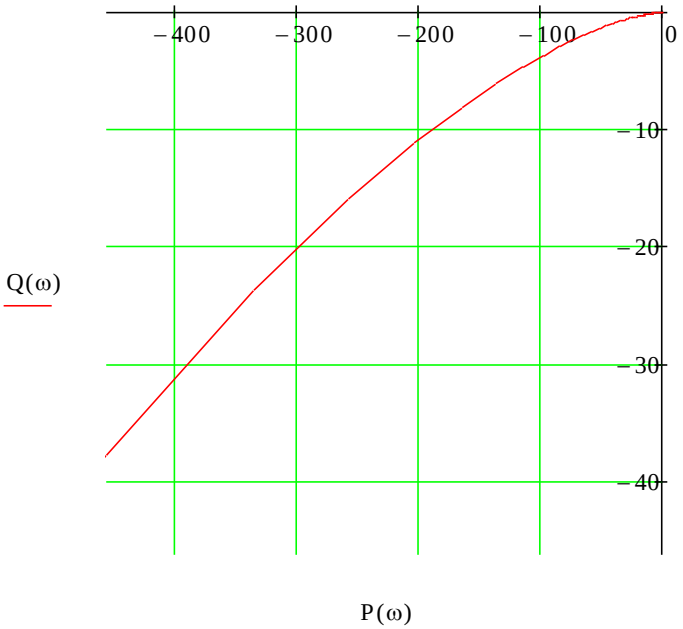


Рисунок 4.3 – АФЧХ розімкнутої системи

4.6.2 Побудова ЛАЧ характеристики розімкнутої системи

Для побудови ЛАЧ характеристики за допомогою асимптотичного методу потрібно знайти спрягаючі частоти за сталими часу ланок:

$\omega_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2000} = 0{,}0005$ с$^{-1}$, належить аперіодичній ланці першого порядку;

$\omega_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{0{,}07} = 14{,}3$ с$^{-1}$, належить аперіодичній ланці першого порядку.

Знайдені спрягаючі частоти слід відмітити на осі частот в логарифмічному масштабі (рис. 4.4). Низькочастотна асимптота ЛАЧ характеристики при $\omega < \omega_0$ являє собою пряму з нахилом –20 дБ/дек, оскільки система містить інтегруючу динамічну ланку. Ця пряма при $\omega = 1$ повинна мати ординату, яка дорівнює 20lg k = 30,4 дБ (k = 33 – коефіцієнт підсилення системи розімкнутої). Після спрягаючих частот ω_0, ω_1 нахил частотної характеристики $L(\omega)$ змінюється порівняно з попереднім його значенням на – 20 дБ/дек, так як обидві частоти спряження належать аперіодичним динамічним ланкам першого порядку. Високочастотна асимптота ЛАЧ характеристики, тобто її частина при частотах, які є більшими за ω_1, має нахил - 60 дБ/дек.

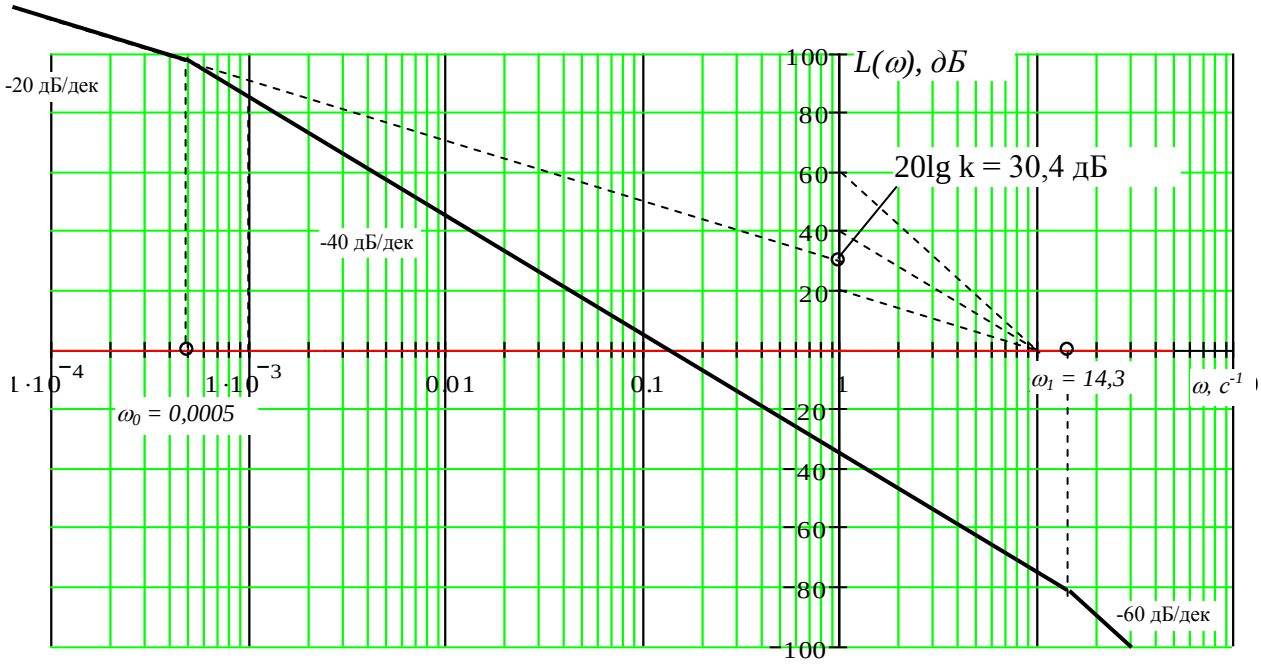


Рисунок 4.4 – ЛАЧХ розімкнутої системи $L(\omega)$

4.6.3 Побудова ЛФЧ характеристики розімкнутої системи

ЛФЧ характеристика одноконтурної розімкнутої системи отримується в результаті складання ординат фазових характеристик ланок типових, що входять до складу даної системи:

$$\phi(\omega)=\left(-arctg(\omega T_0)-arctg(\omega T_1)-\frac{\pi}{2}\right)\cdot\frac{180}{\pi}. \qquad (4.15)$$

Підставивши значення відповідних сталих часу і змінюючи частоту від нуля до сотень, за допомогою редактора Mathcad отримаємо графік ЛФЧ характеристики (рис. 4.5).

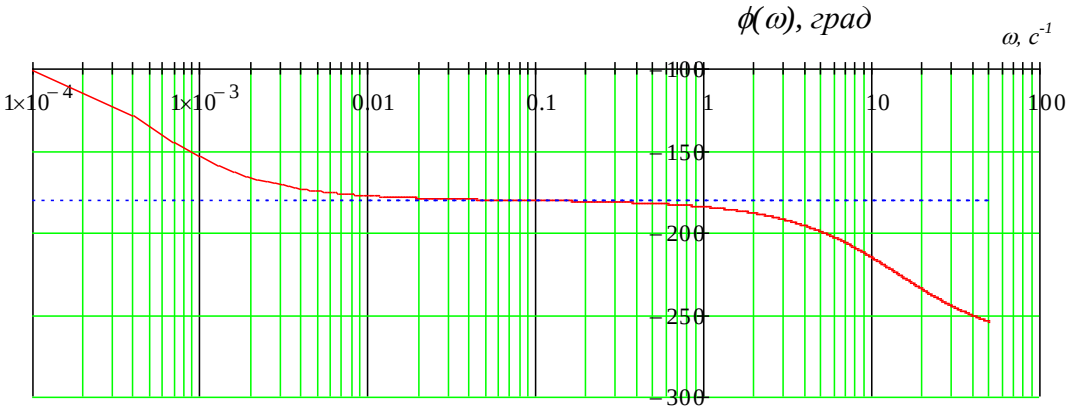


Рисунок 4.5 – ЛФЧХ розімкнутої системи $\phi(\omega)$.

4.7 Побудова дійсної частотної характеристики замкнутої системи

Для побудови характеристики дійсної частотної замкнутої системи слід виділити дійсну частину передаточної функції замкнутої системи, зробивши заміну $p = j\omega$ ($j=\sqrt{-1}$, ω - частота). Змінюючи частоту від 0 до ∞, відкласти відповідні значення $P_з(\omega)$:

$$W_з(\omega)=\frac{k}{-jT_1T_0\omega^3-(T_1+T_0)\omega^2+j\omega+k}=\frac{k((k-(T_1+T_0)\omega^2)-j(\omega-T_1T_0\omega^3))}{(k-(T_1+T_0)\omega^2)^2+(\omega-T_1T_0\omega^3)^2}$$

Провівши певні перетворення, отримаємо:

$$P_з(\omega)=\frac{k\cdot\left(k-(T_1+T_0)\cdot\omega^2\right)}{\left(k-(T_1+T_0)\cdot\omega^2\right)^2+\left(\omega-T_1\cdot T_0\cdot\omega^3\right)^2}$$

Змінюючи частоту від 0 до ∞, відкладемо відповідні значення $P_з(\omega)$ (рис. 4.6).

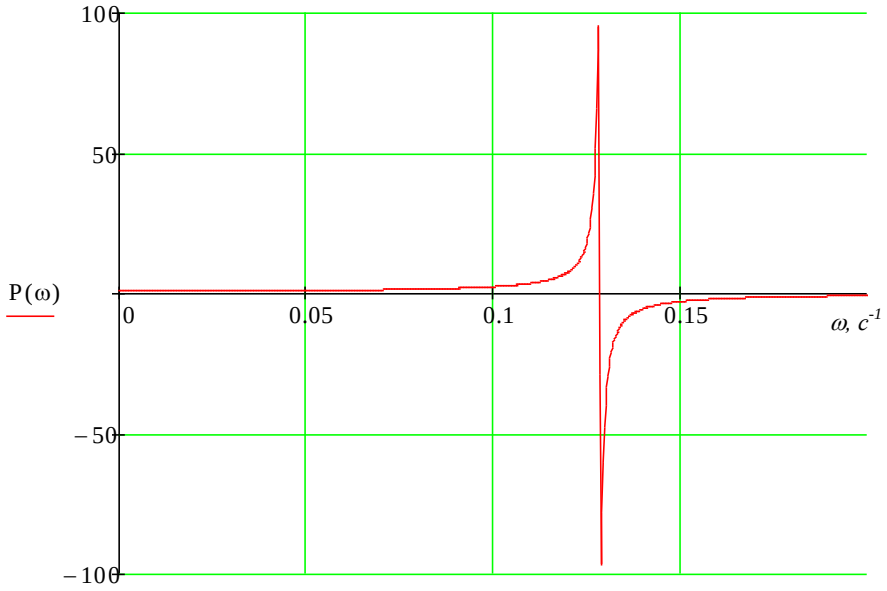


Рисунок 4.6 – Дійсна частотна характеристика замкнутої системи

4.8 Визначення стійкості системи, запасів стійкості, побудова області стійкості

Границі або ділянку зміни одного або кількох параметрів системи можна знайти за допомогою методу *D*-розбиття [4].

Побудуємо область стійкості системи в площині параметру k_4, тому що є можливість його зміни:

Характеристичне рівняння має вигляд:

$$T_1T_0p^3+(T_1+T_0)p^2+p+k_0k_2k_3k_4k_5=0.$$

Запишемо характеристичне рівняння відносно k_4:

$$K(p)=-\frac{T_1T_0p^3+(T_1+T_0)p^2+p}{k_0k_2k_3k_5}$$

Підставивши $p=j\omega$ та виділивши дійсну і уявну частини виразу, маємо:

$$P(\omega)=-\frac{-(T_1+T_0)\omega^2}{k_0k_2k_3k_5};\qquad Q(\omega)=-\frac{\omega-T_1T_0\omega^3}{k_0k_2k_3k_5}.$$

Побудуємо криву D-розбиття в площині параметру k_4 при зміні частоти від - ∞ до + ∞ (рис. 4.7, слайд 04.03).

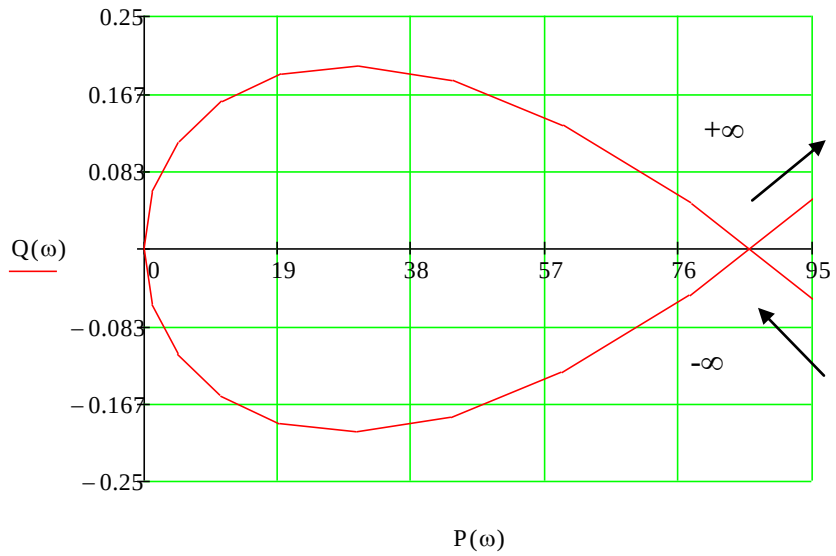


Рисунок 4.7 – D-розбиття в площині параметру k_4.

З області стійкості можна визначити граничнезначення коефіцієнта k_4, яке дорівнює $k_{4кр}$ = 86. Оскільки у стійкій системі всі корені містяться зліва від уявної вісі, при здійсненні обходу її від - ∞ до + ∞ ділянка стійкості також буде з лівого боку від добутої кривої. Для зручності відшукання ділянки стійкості доцільно нанести на криву (рис. 4.7) смужки зліва при русі від - ∞ до + ∞. Задане значення коефіцієнта підсилення підсилювача k_4 = 200 не входить в окреслену зону стійкості, а значить для розрахунків слід прийняти k_4 з області стійкості, значення цього параметра приймемо k_4 = 50.

4.9 Оцінка якості регулювання замкнутої системи по ЛАЧХ розімкнутої системи

Визначимо та частоту зрізу, запас стійкості по модулю і фазі. Для визначення цих величин будуємо ЛАЧ і ЛФЧ характеристики розімкненої системи, виконуємо їх взаємне розміщення (рис. 4.8).

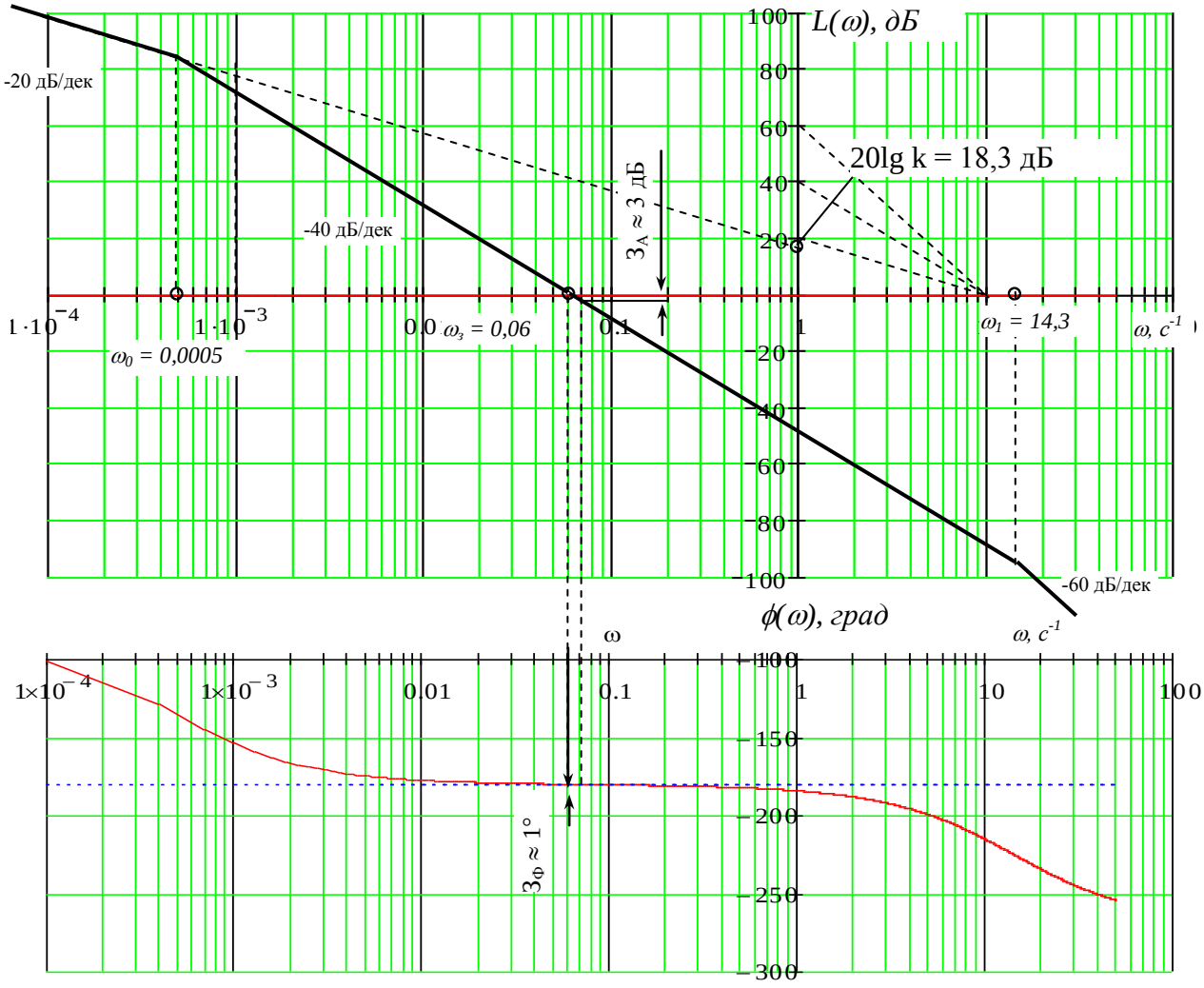


Рисунок 4.8 – Оцінка якості регулювання замкнутої системи по ЛАЧХ розімкнутої системи

Можна визначити з даної побудови : частота зрізу $\omega_з = 0{,}06$ $с^{-1}$, час регулювання, $t_р = \frac{2\pi}{\omega_з} = 104{,}7$ с; запас стійкості по амплітуді $з_А \approx 3$ дБ, запас стійкості по фазі $з_\phi \approx 1°$.

4.10 Побудова перехідного процесу замкнутої системи

Регульована в часі величина при подачі на вхід системи ступінчастого додиничного іяння описується залежністю

$$h(t) = \frac{2}{\pi}\int_0^{\infty} Pз(\omega)\frac{\sin(\omega t)}{\omega}d\omega \qquad (4.16)$$

За даною залежністю за допомогою редактора Mathcad отримаємо графік перехідного процесу системи (рис. 4.9, слайд 05.02).

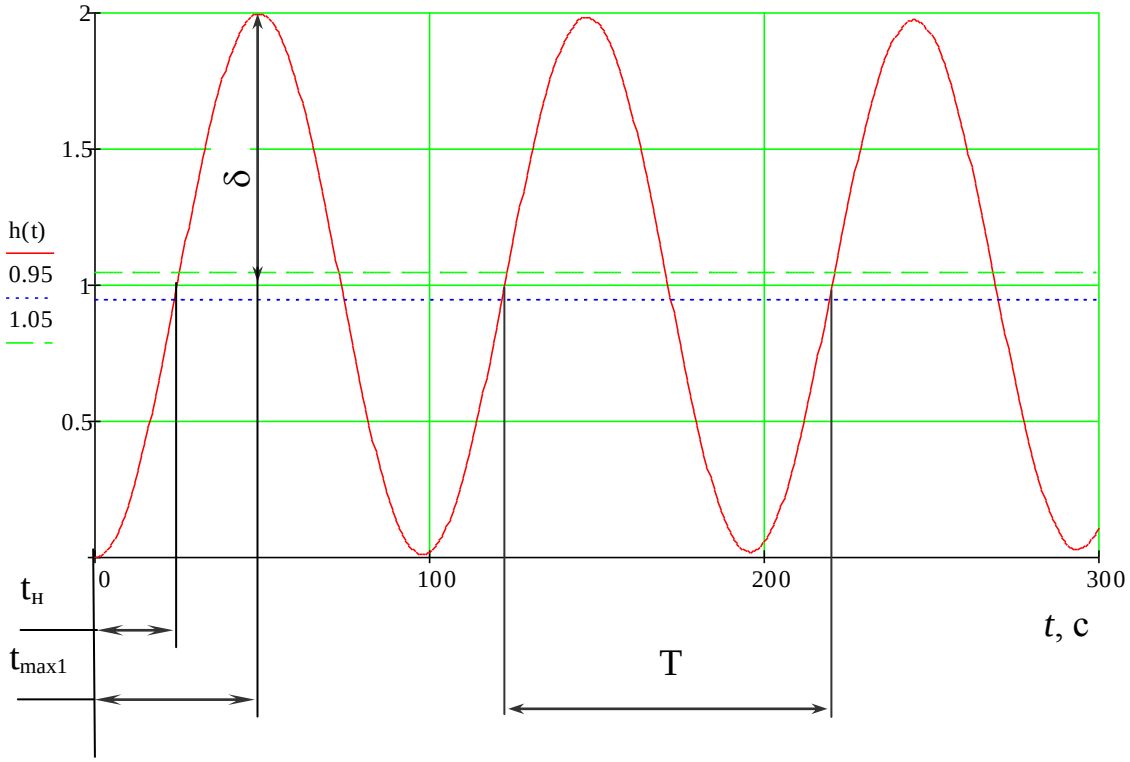


Рисунок 4.9 – Графік перехідного процесу вихідної системи

4.11 Визначення прямих показників якості системи

З побудованого перехідного процесу визначимо прямі показники якості системи:

- час регулювання $t_р$ >> 300 с; як вимога до системи для її аналізу та синтезу, приймається за визначеним по ЛАЧ характеристиці значенням, рівним $t_р$ = 104,7 с;

- перерегулювання δ = 99,6 %;
- кількість коливань перехідного процесу n >> 100;
- час досягнення першого максимуму t_{max} = 49 с ;
- час наростання перехідного процесу $t_н$ = 25 с;
- частота коливань $\omega = \frac{2\pi}{T} = 0{,}063\,\text{с}^{-1}$, де Т = 100 с – період коливань;
- декремент затухання перехідного процесу d = 1,01.

Згідно вимог до САР, час регулювання для її аналізу та синтезу приймається зменшеним на 30 % від отриманого, приймемо для розрахунків час регулювання, визначений по ЛАЧ характеристиці через $\omega_з$, тобто $t_р$ = 104,7 с, зменшимо його на 30 %, отримаємо $t_р$ = 73,3 с.

4.12 Побудова бажаної ЛАЧХ системи

Побудова бажаної ЛАЧ характеристики виконується в кілька етапів (рис. 4.10, слайд 05.01).

В області низьких частот побудова аналогічна до побудови ЛАЧ характеристики незмінної системи. Проводиться асимптота з нахилом -20 дБ/дек через точку з координатами 20 lg k = 18,3 дБ.

В області середніх частот побудова – це найбільш відповідальна асимптота. В даному діапазоні ЛАЧ характеристика визначається тривалістю перехідного процесу та заданими значеннями перегулювання. З міркувань наближення реального процесу до оптимального нахил середньо частотної асимптоти ЛАЧХ бажаної вибирається -20 дБ/дек. Вибір частоти зрізу $\omega_з$ виконують на підставі нерівності $\omega_{з\min} \le \omega_з \le \omega_{з.опт}$. Щоб задовольнити вимоги до

якості системи, доцільно, щоб $\omega_з$ була менше частоти зрізу $\omega_{з.опт}$, яка визначається за прискоренням максимальним координати і величиною ступінчатого керуючого сигналу. Дана частота $\omega_з$ повинна бути більше $\omega_{з\min}$, яка вибирається за значенням максимального перерегулювання δ_m та тривалістю регулювання $t_р$. По значенню δ_m за допомогою кривої $\delta = f(P_{з\max})$ номограми визначаємо значення $P_{з\max}$. По значенню $P_{з\max}$ за допомогою кривої $t_p = f(P_{з\max})$ визначаємо значення $\frac{3\pi}{t_p}$. Цю величину прирівнюємо до значення $t_р$ = 73,3 с і з отриманого рівняння частоту зрізу визначаємо $\omega_{з\min}$.= 0,13 с$^{-1}$.

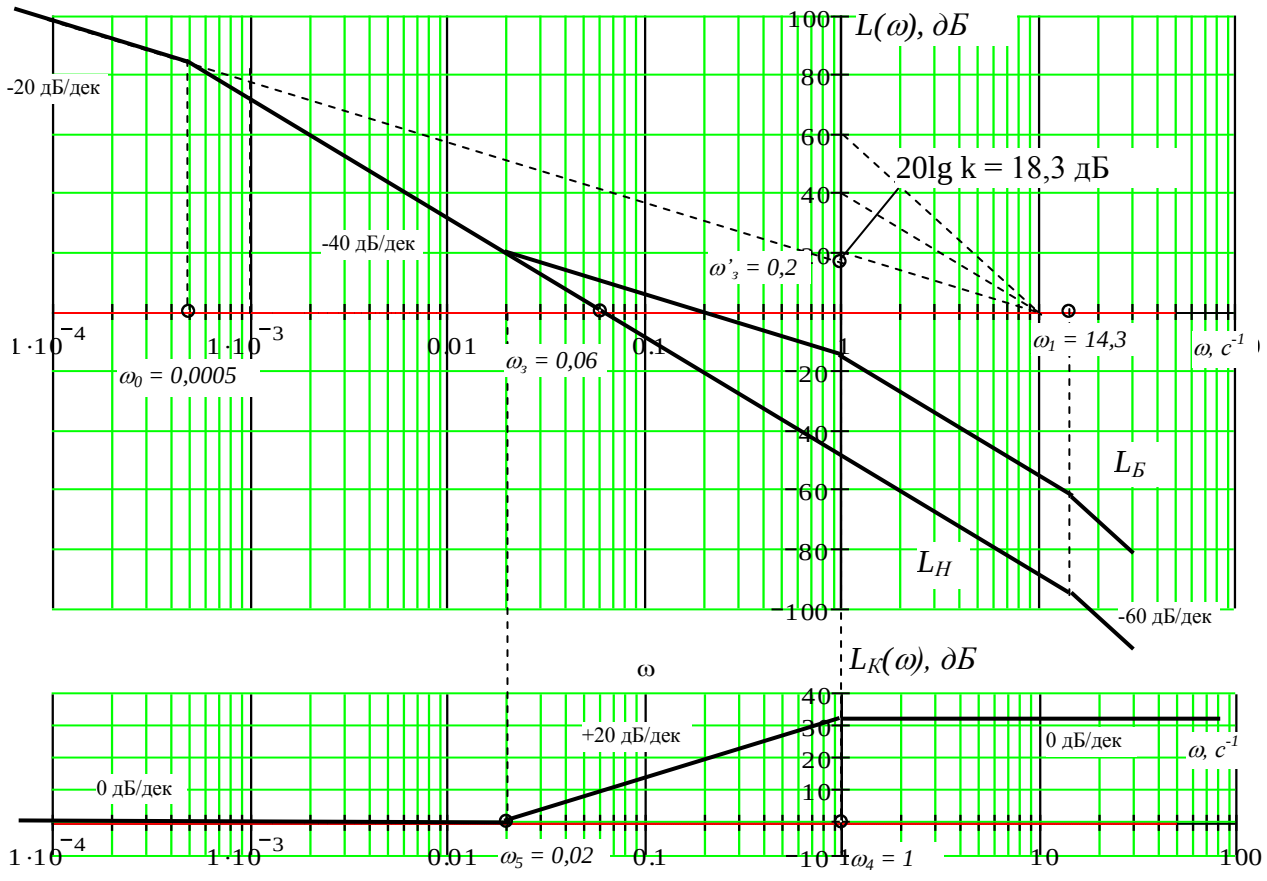


Рисунок 4.10 – Побудова бажаної ЛАЧХ та визначення ЛАЧХ коректуючого пристрою

Вибрану частоту зрізу $\omega_з$ = 1,4 с$^{-1}$, наносимо на графік. Будуємо середньочастотну асимптоту, провівши її через точку $\omega_з$ на осі абсцис з нахилом –20 дБ/дек.

4.13 Синтез коректуючого пристрою системи за ЛФЧХ

ЛАЧ характеристику коректуючого пристрою визначаємо як різницю незмінної та бажаної ЛАЧ характеристики $L_к(\omega) = L_б(\omega) - L_н(\omega)$ (рис. 4.11). За виглядом ЛАЧ характеристики коректуючого пристрою обираємо схему ланки коректуючої і записуємо її передаточну функцію:

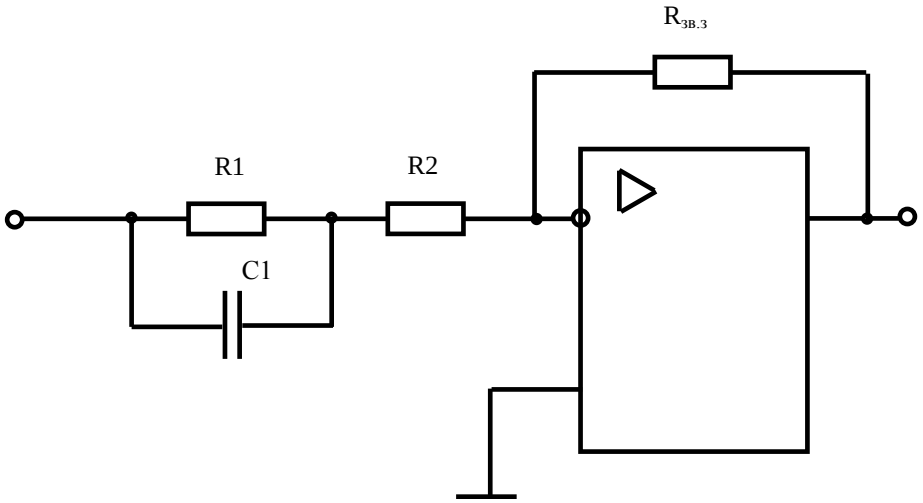


Рисунок 4.11 – Схема коректую чого пристрою

Передаточна функція такого чотириполюсника у загальному вигляді:

$$W_{кп}(p) = \frac{k(T_5 p + 1)}{(T_4 p + 1)}$$ де $T_4 = 1/\omega_4 = 1/1 = 1$ с; $T_5 = 1/\omega_5 = 1/0{,}02 = 50$ с

Матимемо передаточну функцію коректуючого пристрою, підставивши у рівняння загального виду сталі часу, :

$$W_{кп}(p) = \frac{1 \cdot (50p + 1)}{(1p + 1)}$$

За допомогою формул параметри обчислюємо R_1, R_2, C коректуючої ланки:

$$k = \frac{R_2}{R_2 + R_1};\ T_5 = R_1 C;\ T_4 = k \cdot T_5 = \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2}$$

Номінали елементів коректуючого пристрою отримаємо, задавшись $C = 2 \times 10^{-6} = 2$ мкФ, отримано такі значення опорів:

$R_1 = T_5/C = 50/2 \times 10^{-6} = 25 \times 10^6 = 25$ МОм.

Далі, через те, що $k = T_4/T_5 = 1/50 = 0{,}02$ і $k = \frac{R_2}{R_2 + R_1}$,

$$R_2 = \frac{kR_1}{1-k} = \frac{0{,}02 \cdot 25 \times 10^6}{1-0{,}02} = 510{,}2 \times 10^3 \approx 510 \text{ кОм}.$$

Номінали резисторів вибираємо зі стандартного ряду опорів R_1 = 24 МОм, R_2 = 510 кОм.

Вибрана коректуюча ланка це активний чотириполюсник. Для забезпечення k = 1 приймемо $R_{зв.з} = R_1 + R_2 \approx 24{,}5$ МОм. Зі стандартного ряду опорів приймаємо $R_{зв.з}$ номіналом 24 МОм.

4.14 Побудова кривої перехідного процесу синтезованої системи

Передаточна функція замкнутої скорегованої системи

$$W_{зк}(p) = \frac{k(T_5 p + 1)}{p(T_1 p + 1)(T_0 p + 1) \cdot (T_4 p + 1) + k \cdot (T_5 p + 1)} \qquad (4.17)$$

Провівши заміну p = jω, виділимо дійсну частину функції передаточної скорегованої замкнутої системи для побудови дійсної ЧХ. Дану операцію здійснитимо засобами редектора Matcad, для чого слід записавши значення сталих часу динамічних ланок, коефіцієнтів підсилення та вираз передаточної функції в робочій області екрана, ввести наступний вираз: P(ω):=Re(W(ω)).

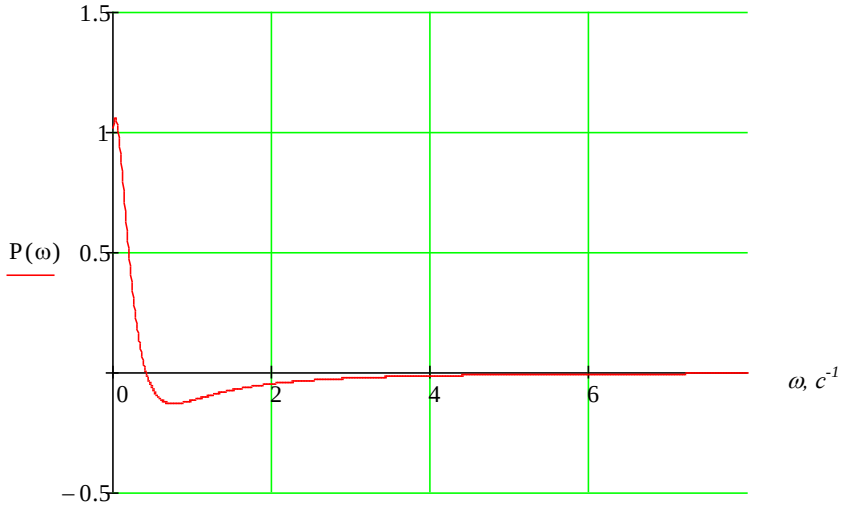


Рисунок 4.12 – Дійсна частотна характеристика замкнутої скорегованої системи

Це дасть змогу побудувати дійсну ЧХ скоректованої системи (рис. 4.12).

Побудуємо криву перехідного процесу синтезованої системи (рис. 4.13, слайд 05.02).

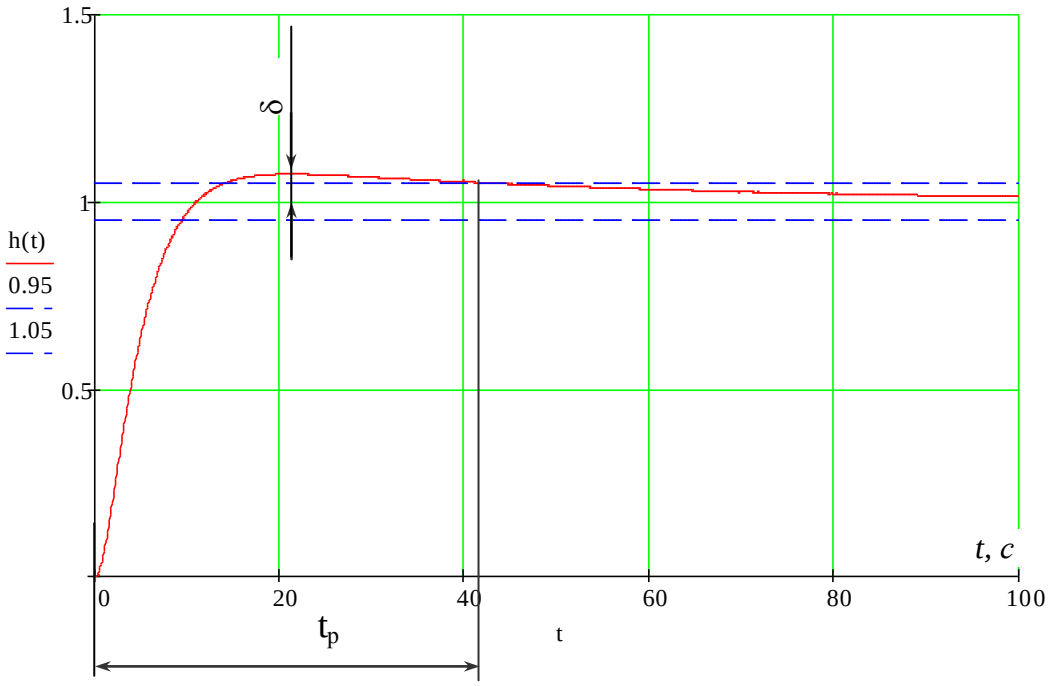


Рисунок 4.13 – Графік перехідного процесу системи, розробленої шляхом синтезу

4.15 Визначення прямих показників якості синтезованої системи

З побудованого перехідного процесу прямі показники якості системи:

- перерегулювання $\delta = 7{,}5$ %;
- час наростання перехідного процесу $t_н = 10{,}6$ с;
- час регулювання $t_р = 42{,}8$ с;
- час досягнення першого максимуму $t_{max} = 21{,}6$ с;
- перехідний процес аперіодичний з перерегулюванням.

Таким чином, реалізація отриманого виразу передаточної функції коректуючого пристрою задовольнить задані вимоги по якості системи.

5 ОРГАНІЗАЦІЯ РОБІТ ПО ОБСЛУГОВУВАННЮ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ

5.1 Монтаж системи регулювання температури води

Розміщення вузлів пропонується виконати у шафі компоновочній БИиВД. Монтаж мікропроцесорного блока здійснюється з врахуванням зручності обслуговування при ремонті і налагоджуванні системи, з врахуванням можливості розміщення в шафі блоків при розширенні функціональних можливостей системи, зокрема блоків вимірювання температури середовища, швидкості подачі води.

Прилади в шафі при нормальних експлуатаційних умовах можуть працювати безперервно довгий час. В цеху шафа встановлюється в кабінеті службового персоналу для запобігання вібрацій, які можуть привести до порушення контактів електричних та зміни налагодження вузлів і елементів системи, її встановлюють на амортизаторах. Вологе повітря, бруд та пил понижують опір ізоляції, змінюють нормальний режим роботи. Наявність агресивних газів в повітрі викликає окислення поверхонь реохордів задавачів та контактів реле. Завадою в роботі приладів є наявність магнітних полів в місцях встановлення вторинних пристроїв та датчиків, а також в місцях прокладки ліній від датчика до вторинного приладу [29].

При великій вологості повітря в корпусі шафи розташовують посудину з хімічним осушувачем, який потрібно періодично обробляти для збереження його якостей. Потрібно приділити увагу також заземленню приладів, оскільки при поганій якості заземлення в показах вторинних приладів можуть з’явитися додаткові помилки. В якості заземлення не рекомендується використовувати опалювальну та водопровідну системами.

Лінія, від якої живляться електричні силові пристрої, знаходиться під впливом коливань напруги внаслідок змін навантаження. В такій лінії мають місце помилки, які обумовлені високочастотними струмами, що виникають при появі в силових агрегатах дугових розрядів. Тому напругу живлення до пристроїв доцільно подавати від КВП-ліній. Підключення приладів до мережі проводиться через розподільчі трансформатори. З метою усунення наводок промислової

частоти на вихідні ланцюги приладу, один кінець обмотки вторинної розподільчого трансформатора має бути заземлений. Ця обставина важлива для приладів, вимірювальні схеми яких живляться від стабілізованих мережних джерел і для приладів з високоомним входом. Розподільчий трансформатор має достатній запас потужності. Перевантаження трансформатора викликає спотворення форми кривої струму, а також зменшення напруги вторинної обмотки. Підключення розподільчого трансформатора до мережі виконується через двополюсний рубильник і запобіжники.

До шафи підведення напруги виконується дротом з водонепроникною прорезиненою ізоляцією. Діаметр дротів повинен бути не менше 1 мм^2. З метою запобігання пошкодження дротів слід прокладати їх в металевих гнучких шлангах або трубах, які надійно заземляти. Вводи дротів до шафи герметизуються за допомогою ущільнюючих втулок. Слід уникати нарощування дротів, а інакше, місця стиків обов'язково необхідно пропаяти. Після прокладання дротів необхідно провести перевірку опору ізоляції, він повинен бути не менше 10 МОм. Вимоги, що ставляться до проводів, які з'єднують датчики і вторинні прилади, залежать від типу приладу та датчиків. Вимогою до приладів є прокладення дротів від датчика до приладу в захисних сталевих трубках, окремо від дротів мережі.

5.2 Налагоджування системи регулювання температури води

Неушкодженість блоків перевіряють перед монтажем, при виявленні пошкоджень під час роботи приладу, під час профілактичного ремонту. Перевірці підлягають: основна похибка запису, основна похибка спрацювання вторинного приладу, поріг чутливості та варіація приладу, сигналізація "обривання в ланцюзі приладу, робота механізму установки робочого струму. Перевірка приладів проводитбся при температурі навколишнього повітря 20 ± 5ºС, частоті струму живлення $50 \pm 0{,}5$ Гц, напрузі живлення, яка не повинна відрізнятись від номінальної більш ніж на $\pm 3\%$, за відсутності сторонніх магнітних полів.

5.3 Особливості експлуатації системи регулювання температури води

При правильній експлуатації автоматичні прилади можуть працювати безперервно та надійно дуже довгий час. Під час експлуатації електронних приладів необхідно стежити за тим станом, в якому, щоб умови, які є нормальними для роботи електронного приладу збереглися під час всього строку його служби. Не слід допускати коливання вище допустимих границь напруги живлення мережі.

При підвищенні температури середовища понад 40°С, необхідно вентиляцію приміщення збільшити. При холоді необхідно опалювати приміщення. В запилених приміщеннях, та в приміщеннях зі збільшеною вологістю, доцільно слідкувати за станом ущільнювачів, необхідно контролювати активність у випадку застосування хімічних сушників.

Необхідно в процесі експлуатації проводити систематично огляд та планово-попереджувальний ремонт вузлів і агрегатів. Блоки при огляді знімаються із шафи та, за потреби відправляються в майстерню, де звільняються від бруду та пилу за ганчіркою та продувкою повітрям. Проводиться огляд електричної проводки, перевіряється надійність усіх без виключення затискувачів. Після видалення неполадок та перевірки на правильність роботи блоків встановлюють їх в шафу

.

ВИСНОВКИ

Задачею даної випускної кваліфікаційної роботи було удосконалення організації процесу регулювання температури води в зольному цеху на ЗАТ “Возко” шляхом створення системи автоматичного регулювання температури води у магістралі.

В ході виконання роботи була розглянута загальна характеристика ЗАТ “Возко”, продукція та структура управління, встановлено, що кожен вид продукції містить шкіру яку необхідно обезволосити.

У зв’язку з важливістю і необхідністю в складі технологічного процесу регулювання температури води, було охарактеризовано засоби визначення та регулювання даного технологічного параметру, зокрема вибрано датчик, розглянуті способи та засоби регулювання температури та зміни витрати рідини в трубопроводі, визначено їх головні недоліки і переваги. Аналіз процесу виготовлення шкіри показав, що значна кількість операцій здійснюється безпосередньо вручну оператором зольної галереї, зокрема і стеження за температурою води.

Для реалізації можливості автоматизації даної операції здійснено огляд існуючих засобів вімірювання температури води в проточних магістралях, зокрема проаналізовані з точки зору можливості застосування в якості чутливих елементів напівпровідникові, терморезисторні, плівкові напівпровідникові датчики.

На основі проведеного аналізу існуючих рішень обґрунтовано принцип побудови САР температури води. Задачею даної системи є зміна положення заслонки подачі води, для забезпечення заданої температури, в барабани зольної галереї. Система містить датчик, який визначає поточне значення температури. Забезпечується підсилювачем підсилення сигналу чутливого елемента до такого рівня, який є прийнятним для введення в мікроконтролер, в розроблюваній системі за допомогою мікроконтролера реалізується зчитування сигналу датчика,

порівнювання із заданим значенням та, відповідно, формування керуючого сигналу на безконтактний реверсивний пускач привода заслонки.

Розроблена структура даної системи, спроектовані її функціональна, структурна та електрична принципова схеми. З метою підтвердження працездатності виробу були проведені розрахунки стійкості системи, визначено показники якості та здійснено синтез коректуючого пристрою, реалізація функцій яким забезпечить більш високі показники якості у порівнянні з вихідною системою.

Для забезпечення ефективного функціонування спроектованої системи регулювання температури води розглянуті заходи по її монтажу, налагоджуванню і експлуатації.

Список літератури

1. Холмов О.С., Долганов М.А. Электрические измерение неэлектрических величин. - Киев: “Техника”, 1981. – 185 с.

2. Гостев В.И., Стеклов В.К. Системы автоматического управления с цифровыми регуляторами. – К.:”Радиоаматор” 1998. – 704 с.

3. Бойко Н.П., Стеклов В.К. Системы автоматического управления на базе микро-ЭВМ. – К.: Техніка, 1989. – 182 с.

4. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования. - Киев: “Наукова думка”, 1981. – 940 с.

5. Технология строительного производства / Под ред. О.О.Литвинова, Ю.И.Белякова. – К.: Высш. шк., 1984. – 479 с.

6. Циприанович И.В., Старченко А.Ю. Комплексные системы сухого строи-тельства. – К., 1998. – 114 с.

7. ДСТУ Б В.2.7-61-2008. Цегла та камені керамічні рядові та лицьові. Технічні умови. [Текст]. – Чинний від 2008-12-25.).

8. ДСТУ Б В.2.7-60.97: Сировина глиниста для виробництва керамічних будівельних матеріалів. Класифікація. [Текст]. – Чинний від 1997–07–01.

9. Черненко В.К., Ярмоленко М.Г. та ін. Технологія будівельного виробництва Підручник. — К.: Вища шк. , 2002. — 430с.

10. Ярмоленко М.Г. та ін. Технологія будівельного виробництва К.: Вища шк., 2005. — 342 с.

11. Коцій Я.Й., Іваник І.Г. Технологія будівельного виробництва Курс лекцій для студентів інженерно-будівельного профілю / Укл.: Я. Й. Коцій, к. т. н., доц.; І.Г. Іваник, к. т. н., доц.; С. І. Віхоть, м. н. с. – Львів: 2006. -94 с.

12. Костинюк Л.Д. Паранчук Я.С. Мікропроцесорні засоби та системи. Навчальний посібник Львів 2001. - 200с.

13. Ніколаєнко А.М. Міняйло Н.О. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації Навчальний посібник. — Запоріжжя: ЗДІА, 2011. — 444 с.