



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-
інтегрованих технологій

04-03-158



Методичні вказівки

до виконання курсового проекту
з дисципліни

"Автоматизація технологічних процесів і виробництв"
для студентів, які навчаються за напрямом підготовки
6.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології" денної та заочної форм навчання

Рекомендовано методичною
комісією за напрямом
підготовки
6.050202 "Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані
технології"

Протокол № 4 від
12.10.2016 р.

Рівне – 2016



Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни "Автоматизація технологічних процесів і виробництв" для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.050202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання / Клепач М.І., Клепач М.М., Реут Д.Т. – Рівне: НУВГП, 2016. – 27 с.

Упорядники: М.І. Клепач, к.ф.-м.н., доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій, М.М. Клепач, доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Д.Т. Реут, ст. викладач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Відповідальний за випуск: В.В. Древецький, д.т.н., професор, завідувач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Зміст

Вступ	3
1. Загальні положення	3
2. Вимоги до пояснювальної записки	5
3. Зміст пояснювальної записки	7
4. Графічна частина проекту	20
Література	22
Додаток 1	26
Додаток 2	27



Вступ

Метою виконання курсового проекту з дисципліни "Автоматизація технологічних процесів і виробництв" є:

- закріплення знань, отриманих при вивченні даної та сумісних дисциплін і вміння їх використовувати при вирішенні завдань автоматизації технологічних процесів;
- засвоєння методів аналізу технологічного процесу як об'єкта управління;
- засвоєння методів розробки автоматизованих систем керування технологічними об'єктами;
- обґрунтування вибору комплексу технічних та програмних засобів автоматизації;
- розрахунок і моделювання контурів автоматичного регулювання технологічного параметра;
- розробка алгоритму та програмного забезпечення для реалізації функцій програмного управління технологічними об'єктами періодичної дії.

В результаті виконання курсового проекту студент повинен вміти аналізувати технологічний процес як об'єкт автоматизації, визначати вхідні і вихідні координати об'єкта та основні збурення, виявляти фактори, що визначають ефективність технологічного процесу, синтезувати контури автоматичного регулювання, ресстрації, сигналізації і блокування, вибрати комплекс засобів автоматизації та розробляти алгоритми і програмне забезпечення для реалізації функцій управління технологічним процесом.

1. Загальні положення

1. Курсовий проект виконується відповідно до теми, затвердженої в установленому порядку.

2. Тема курсового проекту може бути запропонована студентом та погоджена з керівником проекту.

3. При формулюванні теми курсового проекту заповнюється бланк завдання на курсовий проект; форму завдання наведено в додатку 2. Після вибору теми курсового



проекту її назва і прізвище виконавця розміщують на сервері комп'ютерного класу кафедри.

4. Додаткові дані для виконання курсового проекту студент отримує самостійно на основі детального вивчення технічної і патентної літератури, стандартів на норми та правила розроблення систем автоматизації технологічних процесів.

5. У процесі курсового проектування студент зобов'язаний дотримуватися графіка проектування, який затверджується до початку проектування, і своєчасно представляти результати виконаної роботи на перевірку керівникові проекту.

6. Закінчений курсовий проект повинен бути зареєстрований на кафедрі та захищений студентом у встановлені терміни. За результатами виконаної роботи та захисту курсового проекту студентів виставляється оцінка за 100-бальною шкалою.

Курсовий проект складається з описової частини обсягом 25 – 30 сторінок тексту форматом А4 та графічної частини – два аркуші формату А3.

Титульну сторінку оформляють відповідно додатку 1.

Завдання на курсовий проект оформляють відповідно додатку 2.

Рекомендованими об'єктами автоматизації для курсового проекту є типові технологічні процеси в конкретному апаратному оформленні теплоенергетичної, хімічної, водогосподарської, харчової та інших галузей:

- Теплообмінні процеси.
- Хімічні процеси.
- Печі і котельні установки.
- Сушіння.
- Сепарація газів.
- Очищення рідин.
- Випарювання.
- Випаровування.
- Кристалізація.



- Абсорбція.
- Адсорбція
- Десорбція.
- Екстракція.
- Ректифікація.
- Реакційні процеси.
- Нейтралізація.
- Конверсія газів.
- Змішування.
- Дозування рідин.
- Дозування сипучих матеріалів.
- Подрібнення.
- Бродіння.
- Пристрої транспортно-завантажувальних систем.
- Водопідготовка.
- Водопостачання і водовідведення.
- Формувальні апарати.
- Пакувальні апарати.
- Приготування тіста
- Випікання.
- Очищення стоків.

2. Вимоги до пояснювальної записки

Пояснювальна записка до курсового проекту має таку структуру:

Титульна сторінка.

Завдання на курсовий проект.

Вступ.

1. Аналіз технологічного процесу як об'єкта керування.

1.1. Опис технологічного процесу.

1.2. Теоретичні основи технологічного процесу.

1.3. Математичний аналіз динамічних і статичних властивостей об'єкта.

1.4. Структурна схема об'єкта.

1.5. Карта технологічних параметрів.



2. Розробка системи автоматизованого керування технологічним процесом.

- 2.1. Аналіз існуючих схем автоматизації технологічним об'єктом.*
- 2.2. Структурна схема системи автоматизації.*
- 2.3. Контури автоматичного контролю, регулювання, програмного управління сигналізації та блокування.*
- 2.4. Вибір комплексу технічних і програмних засобів автоматизації.*
- 2.5. Розробка функціональної схеми автоматизації.*
- 2.6. Опис функціональної схеми автоматизації.*

3. Розрахунок системи автоматичного регулювання неперервним технологічним процесом.

- 3.1. Розрахунок параметрів математичної моделі об'єкта регулювання.*
- 3.2. Обґрунтування закону регулювання і розрахунок оптимальних налаштувань регулятора.*
- 3.3. Моделювання та оптимізація перехідного процесу.*
- 3.4. Програмна реалізація регулятора.*

4. Розробка програмного забезпечення управління періодичним технологічним процесом.

- 4.1. Опис алгоритму функціонування автоматизованої системи управління.*
- 4.2. Побудова логіко-дискретної моделі управління.*
- 4.3. Розроблення програмного забезпечення ПЛК.*

Висновки.

Список літератури.

Зміст.

Пояснювальну записку виконують на стандартних аркушах паперу формату А4 з відступами зверху і знизу по 2 см, зліва 2,5 см, справа 1,5 см, шрифт Times New Roman розміром 14 пт, міжрядковий інтервал – 1,5, формули – в редакторі MS Equation 3.0.

Текстовий матеріал оформляють згідно з вимогами до



оформлення наукових розробок та статей регламентованими Державним стандартом України "Документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення" (ДСТУ 3008-95), а також стандартами "Єдиної системи конструкторської документації". Всі технічні рішення студента повинні бути науково обґрунтовані і узгоджені з керівником. Загальновідомі технічні рішення повинні базуватись на літературних джерелах із використанням відповідних посилань.

Формули, графіки, номограми, таблиці, алгоритми, програми повинні бути пронумеровані і мати відповідні назви.

На всі літературні джерела, наведені в переліку літератури, повинні бути посилання у відповідних розділах.

Кожен розділ описової частини проекту повинен мати заголовок. Не допускається скорочення термінів, за винятком загально прийнятих. Всі розрахунки виконуються в системі SI. Графічні матеріали та креслення виконуються згідно з вимогами ЄСКД – 29 та вимогами до розроблення систем автоматизації. Позначення основних фізичних величин в розрахункових формулах повинні відповідати SI і мати пояснення після першого їх використання в тексті. Позначення специфічних величин і параметрів виконувати згідно з даними довідників та навчальних посібників.

Структура курсового проекту змінюється в залежності від типу технологічного процесу. При неперервному технологічному процесі обов'язковим до виконання є розділ 3. Для періодичного технологічного процесу обов'язковим для виконання є розділ 4.

3. Зміст пояснювальної записки

У вступі необхідно подати загальну характеристику технологічного процесу і його призначення. Вказати досягнутий рівень автоматизації даного технологічного процесу та обґрунтувати напрямки вдосконалення системи автоматизації із врахуванням можливостей сучасних програмно-технічних засобів і методів автоматизації та комп'ютерних технологій.

В розділі 1 технологічний процес аналізують як об'єкт автоматизованого керування.



П.1.1. Розглядають технологічну схему, виділяють основну стадію технологічного процесу. Описують апаратні рішення по реалізації технологічного процесу. Наводять основні технічні показники та режимні параметри роботи технологічного обладнання, а також витяг з технологічного регламенту.

Визначають і аналізують фактори, що впливають на економічність, продуктивність, інтенсивність, якість, безпеку реалізації та інші особливості даного процесу. Визначають критерій ефективності і мету автоматизованого керування об'єктом.

П.1.2. Проводять теоретичний аналіз технологічного процесу, встановлюють основні математичні закономірності на яких базується технологічний процес, за необхідності розраховують конструктивно-технологічні параметри процесу та обґрунтовують конструктивні рішення щодо апаратного оформлення процесу [1-6].

П.1.3. На основі вивчення фізико-хімічних явищ, які відбуваються в технологічних апаратах і машинах, складають рівняння матеріального і теплового балансів в диференціальній формі за всіма компонентами. В результаті аналізу рівнянь динаміки, складених на основі матеріального і теплового балансів, отримують передаточні функції по каналах вхід-вихід та вирази для коефіцієнтів передачі і постійних часу передаточних функцій. Далі від рівнянь динаміки переходять до рівнянь статички, та здійснюють лінеаризацію нелінійних характеристик, розкладаючи нелінійну функцію в ряд Тейлора при збереженні лінійних членів ряду.

П.1.4. За результатами математичного аналізу, виконаного в пунктах 1.2 і 1.3, визначають координати керування об'єктом, поділяючи їх на вхідні керуючі, вхідні збурюючі і вихідні параметри. В більшості випадків, вихідні параметри підлягають стабілізації, або зміні за певним законом у часі. Вхідні параметри, в свою чергу, поділяють на три групи: параметри, зміною яких здійснюється керування об'єктом (регулюючі величини); параметри які впливають на вихідні величини, але керування за якими ускладнене або неможливе



(ці параметри називають збурюючими величинами або впливами); параметри (фактори), що пов'язані зі специфікою роботи технологічного апарата. З врахуванням аналізу технологічного об'єкта та поділом параметрів на вихідні, регулюючі, збурюючі і фактори пов'язані зі специфікою роботи складають його структурну (інформаційну) схему. На структурній схемі показують технологічний об'єкт у вигляді прямокутника, а вхідні, вихідні і збурюючі величини – стрілками, зв'язки між окремими величинами – лініями.

П.1.5. Аналізують структурну схему технологічного об'єкта керування та визначають величини, що найбільш суттєво впливають на хід технологічного процесу перевіряють щоб вплив керуючої дії на регульовану змінну був більшим за вплив найбільшого із збурень. Оцінюють інерційність каналів та значення динамічних параметрів об'єкта по окремих каналах збурення та вибирають регулюючі та регульовані координати. Оцінюють динамічні властивості можливих контурів регулювання.

Використовуючи додаткові відомості про технологічний регламент, наукові дослідження технологічного процесу, правила експлуатації технологічної апаратури та вимоги до охорони довкілля, обґрунтовують номінальні значення параметрів та межі їх відхилення. Назви технологічних параметрів, їх номінальні значення та можливі межі відхилень заносять в технологічну карту параметрів, яку складають у вигляді табл. 1.

Таблиця 1

Карта технологічних параметрів

№ з/п	Назва параметра	Одиниця вимірювання	Номінальне значення	Допустимі відхилення

В розділі 2 проводять розробку автоматизованої системи управління технологічним процесом.



П.2.1. Аналіз існуючих схем автоматизації ТОК проводять з метою використання набутих відомостей для побудови контурів систем автоматичного регулювання та зв'язків між ними, визначення можливостей забезпечення необхідних показників перехідного процесу окремих контурів регулювання з врахуванням конкретних умов роботи об'єкта та забезпечення функціональних ознак проекрованої системи.

П.2.2. Проектування системи автоматизації передбачає розробку її структурної схеми. Під структурою системи автоматизації розуміють сукупність підсистем, на які вона може бути розкладена. Графічне зображення структури керування називають структурною схемою. Вибір структури керування технологічним об'єктом суттєво впливає на ефективність її роботи. В курсовому проекті рекомендується однорівнева централізована структура, що складається із технологічного об'єкта керування і системи керування.

П.2.3. На основі аналізу статичних і динамічних характеристик технологічного об'єкта по окремих каналах зв'язку, виконаних в пунктах 1.5, 1.6, та існуючих схемах автоматизації технологічного об'єкта обґрунтовують контури автоматичного контролю, регулювання, сигналізації та блокування. При виборі контурів автоматичного контролю, регулювання, сигналізації та блокування слід враховувати, що система автоматизації повинна надійно захистити технологічне обладнання, оперативний персонал та навколишнє середовище. Крім того, система автоматизації при мінімальних технічних засобах повинна забезпечувати найбільшу кількість функціональних можливостей. Обсяг одержуваної технологічної інформації повинен бути достатнім для розрахунку техніко-економічних показників та прогнозування надійної роботи системи.

Рекомендації щодо вибору контурів автоматизації та засобів їх реалізації містяться в довідковій літературі галузевих проектних організацій.

Враховуючи сучасні тенденції автоматизації, рівень науково-технічної підготовки об'єкта до автоматизації та функціональні можливості сучасних засобів автоматизації,



визначають функціональні ознаки систем автоматизації по окремих каналах технологічного об'єкта та параметрах. Вибрані і обґрунтовані функціональні ознаки зводять у табл. 2.

Таблиця 2
Функціональні ознаки контурів автоматизації

№ з/п	Функції	Індикація	Регстрація	Дистанційне керування	Захист	Блокування	Автоматичне регулювання	Сигналізація
	Назва параметра							
1	2	3	4	5	6	7	8	9

П.2.4. Для побудови функціональної схеми автоматизації (ФСА) спочатку необхідно обґрунтувати і вибирати комплект технічних засобів автоматизації (ТЗА), якими оснащуються окремі контури автоматизації. При виборі ТЗА необхідно враховувати особливості технологічного процесу, умови пожежо- і вибухонебезпечності, агресивність і токсичність оточуючого середовища; параметри і фізико-хімічні властивості контрольованих середовищ; необхідну точність та швидкодію засобів. Систему автоматизації технологічного процесу реалізують, як правило, на базі серійних ТЗА з уніфікованими вхідними та вихідними сигналами. При цьому слід передбачити можливості сумісності обладнання, для чого можуть використовуватися відповідні перетворювачі.

Основними програмно-технічними засобами автоматизації виробничих процесів є програмовані логічні контролери. В проекті рекомендується використовувати програмовані логічні контролери як вітчизняних виробників – підприємств «Мікрол», «Промприлад», так і ліцензованих, відомих в Україні фірм Schneider Electric, Siemens, VIPA, Mitsubishi Electric, ICP DAS, OVEN та інших. Більшість



програмованих логічних контролерів мають модульну структуру, тобто базовий варіант може доповнюватися модулями розширення аналогових і дискретних входів/виходів. При виборі блоків розширення слід звернути увагу на те, що деякі блоки вводу можуть безпосередньо працювати з давачами температури у вигляді термопар та термометрів опору. При цьому відпадає необхідність використання проміжних перетворювачів, що спрощує та підвищує надійність системи.

Вибір технічних засобів автоматизації для реалізації функцій автоматизованої системи управління об'єктом періодичної дії здійснюють на основі каталогів та Інтернет-сайтів фірм-виробників і їх офіційних дилерів. Важливими факторами при виборі програмно-технічних засобів автоматизації є співвідношення продуктивність/ціна.

Вибір засобів управління відбувається в такій послідовності:

- 1) Розрахунок необхідного числа входів/виходів ПЛК на основі аналізу інформаційної ємності об'єкта та необхідного їх запасу.
- 2) Вибір фірми-виробника засобів управління.
- 3) Вибір моделі і комплектації програмованих контролерів.
- 4) Вибір допоміжних засобів і засобів зв'язку з оперативним персоналом (засоби передачі і перетворення даних, панелі оператора тощо).
- 5) Визначення складу інструментального програмного забезпечення.

При виборі давачів основну увагу слід звернути на забезпечення необхідної точності вимірювань. Перевагу слід надавати таким, які забезпечують вихідний струмовий сигнал 4-20 мА, при цьому віддаль між давачем і контролером може складати до 120 м.

При виборі виконавчих механізмів слід орієнтуватися на такі, що мають власні мікропроцесорні засоби керування. В цьому випадку значно спрощується їх стикування із ПЛК.

Всі вибрані з каталогів ТЗА заносять у зведену таблицю (специфікацію на ТЗА) за формою табл.3.



Таблиця 3

Специфікація на технічні засоби автоматизації

№ з/п	Позиція на ФСА	Назва засобу та коротка техн. характеристика	Тип	Кількість
1	2	5	6	7

Графу 5 специфікації заповнюють таким чином, щоб даний засіб можна було замовити в комплектуючих організаціях. Форма замовлення окремих засобів приводиться в каталогах.

П.2.5. Використовуючи результати аналізу інформаційної схеми об'єкта (пункти 1.5, 1.6), на технологічній схемі визначають точки відбору імпульсів та введення керуючих впливів, відокремлюють основні та додаткові канали проходження сигналів, складають окремі контури регулювання, які компенсують вплив збурень. У разі потреби контури регулювання взаємопов'язують. Для складних технологічних процесів ФСА окремих технологічних об'єктів об'єднують в загальну ФСА. Вносять необхідні корективи в схеми з узгодженням роботи окремих технологічних апаратів та приймають кінцеве рішення по обсягу ФСА.

П.2.6. В даному пункті необхідно вказати основні рішення прийняті по автоматизації технологічного об'єкта. Надати детальний опис контурів керування від точки контролю до місця прикладання керуючого впливу. Спочатку описують контури вимірювання, сигналізації, а потім контури автоматичного регулювання, дистанційного керування, захисту та блокування. Опис кожного контуру здійснюється за функціональними зв'язками із зазначенням позицій кожного засобу, який входить в контур. В описі розкривають функціональне призначення кожного засобу. Послідовність опису визначається черговістю проходження сигналу в контурі. Опис аналогічних контурів не роблять, а роблять посилання, що



цей контур діє аналогічно як описаний (наприклад, контур 3 діє як контур 2).

В розділі 3 наводять результати розрахунку і моделювання основного контуру регулювання неперервним об'єктом.

П.3.1. Основу системи автоматизації неперервних технологічних процесів складають контури автоматичного регулювання, тому в курсовому проекті передбачено розрахунок, моделювання та оптимізацію параметрів основного контуру системи автоматичного регулювання. Для більшості типових технологічних об'єктів можна використовувати математичні моделі запозичені з навчальної і методичної літератури. Математична модель повинна бути доведена до конкретних числових значень параметрів моделі. Маючи аналітичні залежності для визначення параметрів математичної моделі та знаючи геометричні розміри об'єкта, значення параметрів, матеріальні та енергетичні потоки розраховують основні параметри математичної моделі об'єкта. Можлива побудова математичної моделі на основі кривих розгону об'єкта та його ідентифікації [10].

П.3.2. Параметри перехідного процесу контуру регулювання визначають на основі аналізу статичних та динамічних характеристик об'єкта, можливих значень збурень та вимог щодо якості регулювання технологічного параметра. Ці вимоги, як правило, формуються технологами і приводяться в довідковій літературі. Згідно з вимогами технології вибирають один з трьох типових перехідних процесів: аперіодичний; з 20% перерегулюванням або із мінімальною квадратичною оцінкою якості регулювання при обмеженнях на запаси стійкості. Для технологічних параметрів, до яких не ставляться жорсткі вимоги відносно якості перехідного процесу, вибирають регулятори з простим схемним рішенням. Для параметрів, які є визначальними для даного об'єкта, вибирають оптимальний перехідний процес, що відповідає, як правило, перехідним процесом із мінімальною квадратичною площею відхилення [7, 8]. Закон регулювання регулятора вибирають з урахуванням динамічних особливостей об'єкта та вимог щодо якості



регулювання. В промисловості найбільш часто застосовують П-, ПІ- та ПІД-регулятори.

Розрахунок оптимальних параметрів настроювань регуляторів за мінімумом інтегральної квадратичної оцінки якості, розглянутий в [7, 8], можна використовувати для лінійних систем в яких немає динамічних ланок з постійним запізненням.

Серед інженерних методів розрахунку настроювань регуляторів найпоширенішими є експериментальний за кривими розгону, метод незгасаючих коливань (метод Нікольса – Ціглера) і метод розширених частотних характеристик (РЧХ).

Якщо об'єкт ідентифікується диференціальним рівнянням першого порядку і має сталу часу T_o , час чистого запізнення τ та коефіцієнт передачі по досліджуваному каналу K_o , то оптимальні настроювання регулятора (ОНР) знаходять експериментальним методом за такими формулами:

коефіцієнт підсилення регулятора

$$K_{opt} = 0.83 K_o \frac{\tau}{T_o}; \quad /1/$$

постійна інтегрування

$$T_{ionm} = 2\tau; \quad /2/$$

постійна диференціювання

$$T_{donm} = \frac{T_{ionm}}{4,5}. \quad /3/$$

Експериментальний метод є наближеним, стосується об'єктів першого порядку з постійним запізненням і використовується у випадках коли відомо параметри кривої розгону об'єкта.

При знайденій передаточній функції еквівалентного об'єкта $W_{eo}(s)$ оптимальні настроювання регулятора можна знайти методом незгасаючих коливань. Автоматична система регулювання розміщується на межі стійкості, тобто має коливання вихідної величини з однаковими амплітудою і



частотою, якщо характеристичне рівняння такої системи дорівнює нулю. Отже, для одноконтурної АСР маємо

$$1 + W_{pez}(s)W_{eo}(s) = 0. \quad /4/$$

В частотному домені рівняння /3.4/ набуває вигляду

$$W_{pez}(j\omega)W_{eo}(j\omega) = -1, \quad /5/$$

або

$$A_{pez}(\omega)e^{j\varphi_{pez}(\omega)}A_{eo}(\omega)e^{j\varphi_{eo}(\omega)} = -1. \quad /6/$$

Комплексне рівняння /3.6/ виконується за умов, що

$$A_{pez}(\omega_{кр})A_{eo}(\omega_{кр}) = 1, \quad /7/$$

$$\varphi_{pez}(\omega_{кр}) + \varphi_{eo}(\omega_{кр}) = \pi. \quad /8/$$

Приймається спочатку, що регулятор ґрунтується на П-законі регулювання, частотна характеристика якого

$$W_{pez}(j\omega) = A_{pez}(\omega)e^{j\varphi_{pez}(\omega)} = K_{pez}. \quad /9/$$

З урахуванням /3.9/ система рівнянь /3.7/, /3.8/ набуває такого вигляду:

$$K_{кр} = \frac{1}{A_{eo}(\omega_{кр})}; \quad /10/$$

$$\varphi_{eo}(\omega_{кр}) = \pi. \quad /11/$$

Із рівняння /11/ знаходять критичну частоту коливань $\omega_{кр}$. Підставивши цю частоту в рівняння /10/ отримують критичний коефіцієнт підсилення регулятора $K_{кр}$. Далі за знайденими $K_{кр}$ і $\omega_{кр}$ розраховують оптимальні значення параметрів регулятора.

Для паралельної реалізації ПІД-регулятора з передаточною функцією

$$W_p(s) = K_p + K_i \frac{1}{s} + K_d s. \quad /12/$$

Оптимальні значення настроювальних параметрів регуляторів знаходять за формулами, наведеними в табл. 4



Оптимальні настроювання регуляторів

Регулятор	Оптимальне настроювання		
	$K_{p,onn}$	$K_{i,onn}$	$K_{d,onn}$
П	$0,5K_{кр}$	–	–
ПІ	$0,45K_{кр}$	$0,986K_{кр}\omega_{кр}$	–
ПІД	$0,6K_{кр}$	$0,192K_{кр}\omega_{кр}$	$0,47\frac{K_{кр}}{\omega_{кр}}$

Розраховані за табл.4 настроювання регулятора забезпечують ступінь загасання $\psi = 0.75 \dots 0.9$.

Метод розширених частотних характеристик ґрунтується на такому самому принципі, як і попередній метод, з тією лише різницею, що умова /5/ виконується при заданому ступені коливальності m , тобто

$$W_{pez}(m, j\omega)W_{eo}(m, j\omega) = -1. \quad /13/$$

Розширені частотні характеристики регулятора $W_{pez}(m, j\omega)$ і еквівалентного об'єкта $W_{eo}(m, j\omega)$ отримуються із передаточних функцій шляхом підстановки

$$s = -m\omega + j\omega. \quad /14/$$

Величина $m=0,21 \dots 0,36$ забезпечує необхідний на практиці запас стійкості. Метод використовується при невисоких порядках об'єктів із постійним запізненням.

Детальний опис методів оптимального налаштування регуляторів наведено в [7 - 14].

П.3.3. Перехідний процес в аналізованій замкнутій САР можна отримати, розв'язавши диференціальне рівняння, що описує динаміку цілої системи регулювання класичним чи операторним методами [7]. Можуть також використовуватися як точні аналітичні так і наближені методи [11]. Найпростішим способом побудови перехідного процесу в контурі є використання програмного середовища MATLAB із додатком



Simulink. Одержаний перехідний процес порівнюють із заданим і вносять необхідні зміни в параметри і структуру регулятора. Шляхом комп'ютерного моделювання встановлюють чутливість системи до зміни параметрів об'єкта. Якщо заданої якості регулювання в одноконтурній системі забезпечити не вдається, слід використати складнішу багатоконтурну систему регулювання.

П.3.4. Структурна схема та програмна реалізація регулятора повинна відповідати наявним функціональним блокам в інструментальному середовищі вибраного ПЛК.

В **розділі 4** здійснюють розробку програмного забезпечення управління періодичним технологічним процесом.

П.4.1. Наводять опис алгоритму функціонування автоматизованої системи управління. Алгоритмом функціонування називають перелік завдань, які виконує АСК для досягнення мети керування. Алгоритм функціонування автоматизованої системи можна подати у вигляді описової, математичної або структурної форми. Описовою формою алгоритму є технологічний регламент. Математична форма алгоритму функціонування - це опис АСК у вигляді логічних алгебраїчних або диференціальних рівнянь, які встановлюють зв'язки між вихідними і вхідними технологічними параметрами. Структурна форма показує порядок передавання сигналів в АСК у вигляді структурної схеми.

П.4.2. Здійснюють побудову логіко-дискретної моделі управління. При реалізації періодичних технологічних процесів перехід від однієї стадії циклу до іншої може змінювати цільове призначення процесу і закономірності, яким він підпорядкований, і як наслідок – структуру математичної моделі, що описує технологічний процес. Це дає можливість класифікувати процес як об'єкт змінної структури, для математичного опису якого необхідно використовувати логіко-динамічну модель (ЛДМ). Логічна частина ЛДМ описує послідовність перемикань виконавчих органів, необхідних для нормального функціонування об'єкта на різних стадіях його циклу. Для побудови логічної частини використовують різні мови: логічні схеми алгоритмів (ЛСА), граф-схеми алгоритмів



(GSA), мову циклічних процесів (МЦП), мережі Петрі, а останнім часом – універсальну мову моделювання UML.

Більшість з них базується на булевій алгебрі і мають в своєму складі, як правило, два основних елементи: позиційний оператор (ПО), що вказує на положення виконавчого органу, та логічні умови (ЛУ), при виконанні яких виконавчий орган змінює своє положення. ПО і ЛУ можуть набувати одне з двох значень: 0 або 1.

Алгоритм можна представити у вигляді блок-схеми програми.

П.4.3. Розробляють програмне забезпечення для реалізації алгоритму управління ПЛК. Стандартом МЕК 61131-3 та українським стандартом ДСТУ ІЕС 61131-1:2005 визначено п'ять мов програмування для ПЛК:

Текстові мови:

- список інструкцій (*IL – Instruction List*);
- мова структурованого тексту (*ST – Structured Text*).

Графічні мови:

- мова функціональних блок-схем (*FBD – Function Block Diagram*);
- мова релейних діаграм (*LD - Ladder Diagram*);
- мова послідовних функціональних схем (*SFC- Sequential Function Chart*).

Лідери ринку ПЛК пропонують сьогодні дуже потужні комплекси з підтримкою МЕК-мов, які теж зберігають спадковість та фірмові традиції («*Concept*» фірми *Schneider Electric*, «*STEP 7*» фірми *Siemens*).

Серед фірм, що спеціалізуються на програмних продуктах слід відзначити фірму 3S-Smart Software Solutions GmbH і її продукт *CoDeSys (Controller Development System)*, що є комплексом програм для проектування прикладного ПЗ, відлагодження в режимі емуляції і завантаження програми в ПЛК.

У **висновку** характеризують обсяг виконаної роботи та основні досягнення при розробленні теми.



4. Графічна частина проекту

Графічна частина проекту складається з:

1. Функціональної схеми автоматизації;
2. Результатів моделювання САР для аналогової системи або алгоритмів і програм логічного управління для дискретної системи управління.

Розгорнуту функціональну схему автоматизації (ФСА) виконують згідно з діючими держстандартами на умовне зображення технологічного обладнання безмасштабно. Умовні позначення на технічні засоби автоматизації виконують згідно з Умовні графічні зображення та літерні позначення приладів і пристроїв виконують згідно з ДСТУ Б А.2.4-16:2008 "Автоматизація технологічних процесів. Умовні графічні зображення приладів і засобів автоматизації в схемах".

У загальному випадку при проектуванні автоматизованих виробничих систем у графічній частині проекту також можуть бути представлені:

- принципів: електрична, кінематична, пневматична або гідравлічна схема об'єкту керування;
- результати аналізу систем логіко-програмного управління, циклограми, блок-схема кінцевого автомата, граф функціонування, моделі системи виконані засобами уніфікованої мови моделювання (UML), структурна схема регулятора, тощо.

Графічна частина курсового проекту має давати повне уявлення про об'єкт проектування, достатнє для подальшої розробки робочої документації. До креслень повинні розроблятися специфікації на обладнання, матеріали та інші елементи, передбачені вимогами ЄСКД. Ці документи включаються в додаток до пояснювальної записки.

Обсяг графічної частини курсового проекту складають 2 аркуші формату А3. Креслення рекомендується виконувати з використанням систем автоматичного проектування (САПР) типу КОМПАС, AutoCAD та інших. Інші графічні матеріали приводять в записці у відповідності з обсягом виконаної роботи.

Аркуші графічної частини підшиваються до записки.



ФСА виконують згідно з діючими Держстандартами на умовне зображення технологічного обладнання без дотримання масштабу. Умовні позначення на ТЗА виконують згідно з ДСТУ Б А.2.4-16:2008.

Контури технологічного обладнання на ФСА рекомендовано виконувати лініями товщиною 0,6 – 1,5 мм; трубопровідні комунікації 0,6 – 1,5 мм; ТЗА – 0,5 – 0,6 мм; лінії зв'язку – 0,2 – 0,3 мм. Прямокутники пунктів керування – 0,6 – 1,5 мм.

Всі вимірювальні й перетворювальні прилади, встановлені на технологічному об'єкті зображуються на функціональних схемах автоматизації у вигляді кіл. Якщо прилади розміщуються на щитах і пультах в центральних або місцевих операторських приміщеннях, то всередині кола проводиться горизонтальна розділююча лінія. У верхній частині кола розміщують позначення параметрів, що контролюються, сигналізуються або регулюються та позначення функцій і функціональних ознак приладів і пристроїв. У нижній – позиційні позначення приладів і пристроїв. Місця розташування відбірних пристроїв і точок виміру вказуються за допомогою тонких суцільних ліній.

Літерні позначення засобів автоматизації будуються на основі латинського алфавіту і складаються з трьох груп літер:

1 літера – вказує контрольований, сигналізований або регульований параметр:

D – густина;

E – будь-яка електрична величина;

F – витрата;

G – положення, переміщення;

L – рівень;

M – вологість;

P – тиск;

Q – якість суміші, концентрація;

R – радіоактивність;

S – швидкість (лінійна або кутова), частота обертання;

T – температура;



- U – різні величини;
- V – в'язкість;
- W – маса;
- H – ручний вплив;
- K – часова програма;
- N – комплектна станція (контактор).

2 літера (не обов'язкова) – може вказувати уточнення характеру вимірюваної величини:

- D – різниця, перепад;
- F – співвідношення;
- J – автоматичне перемикання;
- Q – підсумовування, інтегрування.

3 група символів (декілька букв) – вказується один або декілька символів, що позначають функції та функціональні ознаки приладу:

- I – індикація;
- R – реєстрація;
- C – регулювання;
- S – перемикання;
- Y – перетворення сигналів;
- A – сигналізація;
- E – первинне перетворення параметра;
- T – проміжне перетворення параметра, передача сигналів на відстань;
- K – перемикання управління з ручного на автоматичне і назад, управління по програмі, корекція.



Література

1. Стенцель Й. І. Автоматизація технологічних процесів хімічних виробництв: Навч. посібник. – К.: ІСДО, 1995. – 360 с.
2. Стенцель Й. І. Математичне моделювання технологічних об'єктів керування: Навч. посібник. – К.: ІСДО, 1993. – 320 с.
3. Автоматическое управление в химической промышленности. Учебник для вузов (Под ред. Дудникова). – М.: Химия, 1987. – 368 с.
4. Шински Ф. Системы автоматического регулирования химико-технологических процессов. – М.: Химия, 1974. – 336 с.
5. Касаткін Л.Г. Основні процеси та апарати хімічної промисловості. Вид.9. -М.; Хімік. 1973. –750 с.
6. Н.М.Корчик, С.В.Белікова. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації. Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи 077-132. Рівне НУВГП, 2010. –47 с.
7. Клепач М.І., Кінчур О.Ф., Христюк А.О. Теорія управління лінійними системами. Методичні вказівки до виконання курсового проекту 043-13. Рівне НУВГП, 2010. –32 с.
8. Клепач М.І. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник. Рівне НУВГП, 2007. –206 с.
9. Б.О.Баховець. Автоматизований електропривод. Навчальний посібник. Рівне НУВГП, 2009. –96 с.
10. Сидорчук Б.П. Ідентифікація об'єктів автоматичного управління Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи. Рівне НУВГП, 2010. –26 с.
11. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. –288 с.
12. Стефани Е.П., Панько М.А., Пикина Г.А. Сборник задач по теории автоматического регулирования теплоэнергетических процес сов. Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1973. – 336 с.



13. Балакирев В. С. и др. Оптимальное управления процессами химической технологии. Экстремальные задачи АСУ. – М.: Химия, 1987. – 384 с.
14. Бояринов А. Н., Кафаров В. В. Методы оптимизации в химической технологии. – М.: Химия, 1971.
15. Шински Ф. Управления процессами по критерию экономии энергии. – М.: Мир, 1981. – 387 с.
16. Рей У. Методы управления технологическими процессами. – М.: Мир, 1988. – 868 с.
17. Справочник проектировщика автоматизированных систем управления производственными процессами. (Под ред. Г. Л. Снялянского) – М.: Машиностроение, 1983. – 528 с.
18. Стефани В. П. Основы построения АСУТП. – М.: Энергия, 1982. – 852 с.
19. Полоцкий Л. М., Лапшинков Г. И. Автоматизация химических производств. – М.: Высшая школа, 1982.
20. Клюев А. С. и др. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. – М.: Энергия, 1980.
21. Чистяков В. С. Краткий Справочник по техническим измерениям. – М.: Энергоатомиздат, 1990 – 320 с.
22. ДСТУ Б А.2.4-16:2008 "Автоматизація технологічних процесів. Умовні графічні зображення приладів і засобів автоматизації в схемах".
23. ГОСТ 2.785-70. ОУГС Элементы трубопроводов. – М.: Стандартиздат, 1982.
24. ГОСТ 2.780-68. Элементы гидравлических и пневматических сетей. – М.: Стандартиздат, 1982.
25. ГОСТ 2.789-74. Аппараты теплообменные. – М.: Стандартиздат, 1974.
26. ГОСТ 2.782-68. Насосы и двигатели гидравлические и пневматические. – М.: Стандартиздат, 1982.
27. ГОСТ 2.793-79. Элементы и устройства машин и аппаратов химических производств. – М.: Стандартиздат, 1979.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

28. ГОСТ 2.792-74. Аппараты сушильные. – М.: Стандартиздат, 1974.
29. ГОСТ 2.791-74. Отстойники и фильтры. – М.: Стандартиздат, 1974.
30. ГОСТ 2.790-74. Аппараты колонные. – М.: Стандартиздат, 1974.
31. ГОСТ 2.788-74. Аппараты выпарные. – М.: Стандартиздат, 1974.
32. ГОСТ 14202-69. Условные цифровые обозначения жидкостей, газов и материалов, транспортируемых по трубопроводах. – М.: Стандартиздат, 1987.



Національний університет
водного господарства
та природокористування



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Додаток 1

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-
інтегрованих технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до курсового проекту
з дисципліни:

"Автоматизація технологічних процесів і виробництв"

на тему _____

Виконав:
студент групи АУТП - ____
ННІАКОТ

Керівник _____

Рівне – 20__



Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-
інтегрованих технологій

Завдання на курсовий проект

з дисципліни "Автоматизація технологічних процесів і
виробництв"

1. П.І.П студента _____

2. Тема курсового проекту _____

3. Вихідні дані до курсового проекту _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що
підлягають розробленню) _____

5. Перелік графічних матеріалів _____

6. Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 20__ р.

7. Термін захисту курсового проекту “ _____ ” _____ 20__ р.

Студент _____

Керівник _____