

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і
торгівлі імені Михайла Туган-Барановського

Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

О.В. Омельченко, В.В. Перекрест

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

**Методичні рекомендації для вивчення
дисципліни**

Ступінь: бакалавр

**Кривий Ріг
2019**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і
торгівлі імені Михайла Туган-Барановського

Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

О.В. Омельченко, В.В. Перекрест

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Методичні рекомендації для вивчення дисципліни

Ступінь: бакалавр

Затверджено на засіданні
кафедри загальноінженерних дисциплін
та обладнання
Протокол №1
від «28» серпня 2019 р.

Схвалено навчально-методичною
радою
ДонНУЕТ
Протокол №1
від «29» серпня 2019 р

Кривий Ріг
2019

УДК 658.51:658.5(076)

О 57

Омельченко О.В., Перекрест В.В.

О 57 Автоматизація виробничих процесів [Текст] : метод. рук. до вивч. дисц. / Омельченко О.В., В.В. Перекрест; Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, каф. загальноінженерних дисциплін та обладнання. – Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2019. – 59.

Методичні рекомендації призначені для студентів всіх форм навчання і покликані допомогти студентам організувати вивчення дисципліни «Автоматизація харчових виробництв» завдяки інформації щодо змісту модулів та тем дисципліни, планів практичних занять, завдань для самостійного вивчення та розподілу балів за видами робіт, що виконуються студентами протягом вивчення дисципліни. Методичні рекомендації містять перелік питань для підготовки до підсумкового контролю та перелік основної та додаткової літератури.

УДК 658.51:658.51(076)

© Омельченко О.В., Перекрест В.В., 2019

© Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, 2019

ЗМІСТ

ВСТУП	5
ЧАСТИНА 1. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ»	6
ЧАСТИНА 2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	14
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про автоматику та автоматизацію виробничих процесів.....	15
Змістовий модуль 2. Автоматичні системи регулювання.....	23
ЧАСТИНА 3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ	31
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про автоматику та автоматизацію виробничих процесів.....	32
Змістовий модуль 2. Автоматичні системи регулювання.....	47

ВСТУП

Основною метою вивчення дисципліни є формування у студентів професійних компетентностей щодо розрахунку систем автоматичного управління та аналізу їх роботи, а також типових рішень по автоматизації основних виробничих процесів.

Головним завданням навчальної дисципліни є освоєння основних понять і визначень автоматизації виробничих процесів; формування знань, умінь і навичок розрахунку параметрів системи та вибору датчиків; вивчення типових рішень автоматизації виробничих процесів.

Предмет: вивчення основних положень, принципів і методів для забезпечення автоматизації виробничих процесів.

ЧАСТИНА 1.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ
АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

1. Опис дисципліни

Найменування показників	Характеристика дисципліни
Обов'язкова (для студентів спеціальності "назва спеціальності") / вибіркова дисципліна	Вибіркова
Семестр (осінній / весняний)	Осінній
Кількість кредитів	5
Загальна кількість годин	150
Кількість модулів	1
Лекції, годин	30
Практичні / семінарські, годин	30
Лабораторні, годин	-
Самостійна робота, годин	90
Тижневих годин для денної форми навчання:	
аудиторних	4,6
самостійної роботи студента	6,9
Вид контролю	залік

2. Програма дисципліни

Ціль – формування у студентів професійних компетентностей щодо розрахунку систем автоматичного управління та аналізу їх роботи, а також типових рішень по автоматизації основних виробничих процесів.

Завдання: освоєння основних понять і визначень автоматизації виробничих процесів; формування знань, умінь і навичок розрахунку параметрів системи та вибору датчиків; вивчення типових рішень автоматизації виробничих процесів.

Предмет: вивчення основних положень, принципів і методів для забезпечення автоматизації виробничих процесів.

Зміст дисципліни розкривається в темах:

1. Основні поняття та визначення з автоматичної та автоматизації.
2. Державна система приладів та контролю.
3. Управляючі та регулювальні пристрої автоматичних систем регулювання та управління.
4. Агрегатні комплекси технічних засобів автоматизації.
5. Основні поняття та визначення автоматичних систем регулювання.
6. Об'єкти регулювання.
7. Типові динамічні ланки автоматичних систем
8. Характеристики автоматичних систем.
9. Автоматичні регулятори.
10. Проектування систем автоматизації виробничих процесів.
11. Робастні системи автоматичного керування.
12. Адаптивні системи керування.
13. Автоматизовані системи управління виробничими процесами.

3. Структура дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма навчання)				
	усього	у тому числі			
		лекц.	пр./сем.	лаб.	СРС
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про автоматику та автоматизацію виробничих процесів					
Тема 1. Основні поняття та визначення з автоматики та автоматизації.	10	2	2	-	6
Тема 2. Державна система приладів та контролю.	11	2	2	-	7
Тема 3. Управляючі та регулювальні пристрої автоматичних систем регулювання та управління	12	2	4	-	7
Тема 4. Агрегатні комплекси технічних засобів автоматизації	12	2	2	-	7
Тема 5. Основні поняття та визначення автоматичних систем регулювання	12	2	2	-	7
Тема 6. Об'єкти регулювання	13	4	4	-	7
Разом за змістовим модулем 1	70	14	16	-	41
Змістовий модуль 2. Автоматичні системи регулювання					
Тема 7. Типові динамічні ланки автоматичних систем	11	2	2	-	7
Тема 8. Характеристики автоматичних систем	9	2	-	-	7
Тема 9. Автоматичні регулятори	13	2	2	-	7
Тема 10. Проектування систем автоматизації виробничих процесів	9	2	-	-	7
Тема 11. Робастні системи автоматичного керування	13	4	4	-	7
Тема 12. Адаптивні системи керування	12	2	2	-	7
Тема 13. Автоматизовані системи управління виробничими процесами	13	2	4	-	7
Разом за змістовим модулем 2	80	16	14	-	49
Усього годин	150	30	30	-	90

4. Теми семінарських/практичних/лабораторних занять

№ з/п	Вид та тема практичного заняття	Кількість годин
1	Практична робота 1. Характеристики вимірювальних приладів	2
2	Практична робота 2. Термоелектричні термометри	2
3	Практична робота 3. Вимірювання тиску.	4
4	Практична робота 4. Вимірювання рівня, витрат та кількості речовин.	2
5	Практична робота 5. Контроль фізичних властивостей та складу речовин.	2
6	Практична робота 6. Вимірювання вологості	4
7	Практична робота 7. Аналіз технологічного процесу як об'єкта керування	2
8	Практична робота 8. Визначення оптимальних налаштувань регуляторів одноконтурних замкнених АСР	2
9	Практична робота 9. Комбіновані АСР	4
10	Практична робота 10. Системи регулювання багатовимірних об'єктів	2
11	Практична робота 11. Оптимізація керування апаратами з використанням пошукових алгоритмів	4
Всього		30

5. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання згідно варіанту.

6. Обсяги, зміст та засоби діагностики самостійної роботи

Вид та тема практичних занять	Кількість годин самостійної роботи	Зміст самостійної роботи	Засоби діагностики
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про автоматизацію та автоматизацію виробничих процесів			
Характеристики вимірювальних приладів.	6	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Опрацювання рекомендованої літератури. 3. Підготовка до виконання практичного завдання на тему: «Характеристики вимірювальних приладів».	Опитування, перевірка задач
Термоелектричні термометри	7	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Опрацювання рекомендованої літератури. 3. Підготовка до виконання практичного завдання на тему: «Термоелектричні термометри».	Опитування, перевірка задач

Вимірювання тиску.	7	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Опрацювання рекомендованої літератури. 3. Підготовка до виконання практичного завдання на тему: «Вимірювання тиску»	Опитування, перевірка задач
Вимірювання рівня, витрат та кількості речовин.	7	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Опрацювання рекомендованої літератури. 3. Підготовка до виконання практичного завдання на тему: «Вимірювання рівня, витрат та кількості речовин.»	Опитування, перевірка задач
Контроль фізичних властивостей та складу речовин	7	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Опрацювання рекомендованої літератури. 3. Підготовка до виконання практичного завдання на тему: «Контроль фізичних властивостей та складу речовин».	Опитування, перевірка задач
Вимірювання вологості	7	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Опрацювання рекомендованої літератури. 3. Підготовка до виконання практичного завдання на тему: «Вимірювання вологості».	Опитування, перевірка задач
Разом змістовий модуль 1	41		
Змістовий модуль 2. Автоматичні системи регулювання			
Аналіз технологічного процесу як об'єкта керування	9	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Опрацювання рекомендованої літератури. 3. Підготовка до виконання практичного завдання на тему: «Аналіз технологічного процесу як об'єкта керування».	Опитування, перевірка задач
Визначення оптимальних налаштувань регуляторів одноконтурних замкнених АСР	9	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Опрацювання рекомендованої літератури. 3. Підготовка до виконання практичного завдання на тему: «Визначення оптимальних налаштувань регуляторів одноконтурних замкнених АСР».	Опитування, перевірка задач

Комбіновані АСР	11	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Опрацювання рекомендованої літератури. 3. Підготовка до виконання практичного завдання на тему: «Комбіновані АСР».	Опитування, перевірка задач
Системи регулювання багатовимірних об'єктів.	9	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Опрацювання рекомендованої літератури. 3. Підготовка до виконання практичного завдання на тему «Системи регулювання багатовимірних об'єктів».	Опитування, перевірка задач
Оптимальне керування апаратами з використанням пошукових алгоритмі.	11	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Опрацювання рекомендованої літератури. 3. Підготовка до виконання практичного завдання на тему: «Оптимальне керування апаратами з використанням пошукових алгоритмі».	Опитування, перевірка задач
Разом змістовий модуль 2	49		
Разом			

7. Матриця зв'язку між дисципліною/ змістовим модулем, програмними результатами навчання та компетентностями

Результати навчання	Компетентності			
	Спеціальні			
	ФК 3	ФК 10	ФК 11	ФК 12
1. Знання і розуміння інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях.		+	+	+
2. Проектувати об'єкти енергетичного машинобудування, застосувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти на основі розуміння передових досягнень галузі.		+		+
3. Застосовувати практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень.		+	+	+
4. Аналізувати розвиток науки і техніки.	+			+

8. Методи викладання

Лекції, практичні заняття, самостійна робота (розв'язування задач).

9. Методи оцінювання

Залік.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Відповідно до системи оцінювання знань студентів ДонНУЕТ, рівень сформованості компетентностей студента оцінюються у випадку проведення заліку: впродовж семестру (100 балів).

Оцінювання студентів протягом семестру

№ теми практичного заняття	Вид роботи/бали					
	Тестові завдання, письмові опитування	Ситуаційні завдання, задачі	Обговорення теоретичних питань теми	Індивідуальне завдання	ПМК	Сума балів
Змістовий модуль 1						
Тема 1			2	4		6
Тема 2			2	4		6
Тема 3			2	6		8
Тема 4			2	4		6
Тема 5			2	4		6
Тема 6			2	6	14	22
Разом змістовий модуль 1			12	28	14	54
Змістовий модуль 2						
Тема 7.			2	4		6
Тема 8.			2	4		6
Тема 9.			2	6		8
Тема 10.			2	4		6
Тема 11.			2	6	12	20
Разом змістовий модуль 2			10	24	12	46
Разом			22	52	26	100

Загальне оцінювання результатів вивчення дисципліни

Для виставлення підсумкової оцінки визначається сума балів, отриманих за результатами екзамену та за результатами складання змістових модулів. Оцінювання здійснюється за допомогою шкали оцінювання загальних результатів вивчення дисципліни (модулю).

Оцінка		
100-бальна шкала	Шкала ECTS	Національна шкала
90-100	A	5, «відмінно»
80-89	B	4, «добре»
75-79	C	
70-74	D	3, «задовільно»
60-69	E	
35-59	FX	2, «незадовільно»
0-34	F	

11. Методичне забезпечення

1. Електронний конспект лекцій, методичні вказівки з вивчення дисципліни, індивідуальні завдання, навчальна та наукова література

12. Рекомендована література

Основна

1. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.

2. Кіптела Л.В. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. Харків, 2016. 133с.

3. Автоматизація виробничих процесів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.

4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.

5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черевко, Л.В. Кіптела, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.

Допоміжна

6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.

7. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник / За ред. В.Є. Ходакова. К.: Вища шк., 2012. 287 с.

8. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів ПУСКУ, Полтава, 2001 114с.

9. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення схем автоматизації обладнання підприємств харчування для студентів. ПУСКУ, Полтава, 2003. 63 с.

**ЧАСТИНА 2.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДГОТОВКИ ДО
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО АВТОМАТИКУ ТА АВТОМАТИЗАЦІЮ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Тема 1. Характеристики вимірювальних приладів

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Засоби вимірювання.
2. Похибки вимірювальних приладів.
3. Вимірювання температури.
4. Манометричні термометри.
5. Залежність тиску.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. В експерименті отримані наступні значення $I=1,5\text{A}$, $U=2,6\text{В}$. З урахуванням похибки вимірювання $I=(1,5\pm 0,05)\text{A}$; $U=(2,6\pm 0,1)\text{В}$. Обчислити похибку опору.

Рішення

$R = 2,6 \text{ В} / 1,5 \text{ А} = 1,73 \text{ Ом}$. У значенні напруги дві значущі цифри і в значенні сили току – дві, тому в результаті повинно залишитися стільки значущих цифр, скільки їх у числі з найменшим числом значущих цифр, тобто також дві. Округляємо R до $1,7 \text{ Ом}$.

Обчислимо похибку вимірювання опору методом меж. Визначаємо верхню і нижню межі.

$$R_{\text{В}} = \frac{U_{\text{В}}}{I_{\text{В}}} = \frac{U + \Delta U}{I + \Delta I} = 1,86 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{Н}} = \frac{U_{\text{Н}}}{I_{\text{Н}}} = \frac{U - \Delta U}{I - \Delta I} = 1,61 \text{ Ом}$$

Значення опору визначаємо як напівсуму верхньої і нижньої меж

$$R = \frac{(R_{\text{В}} + R_{\text{Н}})}{2} = 1,73 \sim 1,7 \text{ Ом}$$

Абсолютна похибка $\Delta R = (R_{\text{В}} + R_{\text{Н}}) / 2 = 0,125 \text{ Ом} \sim 0,1 \text{ Ом}$

Таким чином $R = (1,7 \pm 0,1) \text{ Ом}$

$$\delta R = \Delta R / R = 0,06$$

Задача. Напруга в схемі 12 В , паралельно два резистора R_1 і R_2 . Знайти I при похибці Δ . Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 1.

№ вар.	R_1 , Ом	R_2 , Ом	Δ
1	10	5	0,1
2	10	10	0,2
3	100	10	0,5
4	50	10	0,1
5	5	5	0,5
6	50	50	0,3
7	80	20	0,5
8	10	30	0,1
9	40	40	0,25
10	10	50	0,5

Тема 2. Термоелектричні термометри

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Термопари.
2. ТермоЕРС.
3. Гарячий та холодний спай.
4. Пірометри.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Складіть принципову схему потенціометра для вимірювання термоЕРС.

Рішення

Принцип дії потенціометра ґрунтується на компенсації вимірюваної термоЕРС відомою напругою, яку одержують від допоміжного джерела живлення. У принциповій схемі потенціометра (рис. 2.1) допоміжне джерело E підключається в точках A і B до реохорда R_{AB} , ковзний контакт D якого підключено до термопари. Послідовно з термопарою вмикається нуль-прилад $НП$ (чутливий мілівольтметр). Термопара підключена так, що її термоЕРС $E(tt_0)$ спрямована назустріч ЕРС джерела E .

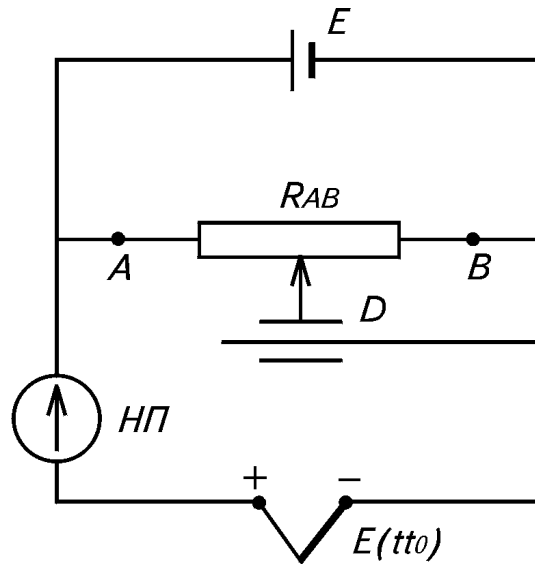


Рисунок 2.1 – Принципова схема потенціометра для вимірювання термоЕРС

Для вимірювання термоЕРС $E(tt_0)$ контакт D переміщують доти, доки стрілка HP не стане на нульову позначку шкали. У цьому випадку падіння напруги на ділянці AD реохорда буде дорівнювати такому, що вимірюється термоЕРС $E(tt_0)$. Реохорд R_{AB} може бути обладнаний шкалою, за якою можна визначити величину $E(tt_0)$ в мілівольтах або градусах.

Задача. Складіть принципову схему автоматичного потенціометра

Тема 3. Вимірювання тиску.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Тиск.
2. Деформаційні манометри.
3. Чутливі елементи деформаційних манометрів.
4. Електричні манометри.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад. Атмосферне повітря при температурі $t_1 = 10^\circ\text{C}$ і тискові $p_1 = 150\text{кПа}$ займає об'єм 10м^3 . Визначити величину зміни об'єму повітря, якщо тиск повітря збільшився до $p_2 = 600\text{кПа}$, а температура до $t_2 = 90^\circ\text{C}$.

Рішення

Використаємо рівняння стану ідеального газу $pW = RT$.

Оскільки теплообмін відсутній, то

$$\frac{pW}{T} = \text{const}, \text{ тобто } \frac{p_1 W_1}{T_1} = \frac{p_2 W_2}{T_2}, \text{ звідки}$$

$$W_2 = W_1 \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} = 3,21 \text{ м}^3$$

Отже величина зміни об'єму повітря становить

$$\Delta W = W_1 - W_2 = 6,79 \text{ м}^3$$

Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 3.

Таблиця 3.

№ вар.	t_1	p_1	W_1	p_2	t_2
1	5	120	7	550	80
2	6	130	8	650	82
3	11	140	9	640	84
4	12	160	11	630	86
5	13	170	12	560	88
6	7	180	13	570	92
7	8	135	14	580	94
8	9	165	15	590	95
9	14	175	16	620	85
10	15	125	6	610	87

Тема 4. Вимірювання рівня, витрат та кількості речовин.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Вимірювання рівня.
2. Рівнемір.
3. Сигналізатори.
4. Об'ємна та масова витрата.
5. Лічильники для автоматичного обліку штучної продукції

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Визначити витрату води, що протікає по трубі діаметром 0,15 м із середньою швидкістю 0,85 м / с.

Рішення

Площа живого перетину потіка:

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} = 0,0177 \text{ м}^2.$$

Об'ємна витрата:

$$Q = v \omega = 0,85 \cdot 0,0177 = 0,015 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 15 \frac{\text{л}}{\text{с}}.$$

Задача. Знайдіть Q рідини, якщо звісно ε , μ , S , h . Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 4.

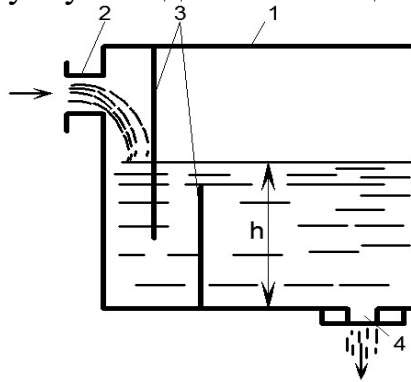


Рис. 4.1 Поплавковий витратомір із диференційно-трансформаторним перетворювачем: 1 – рівномірне скло; 2 – патрубок; 3 – перегородки; 4 – діафрагма

Таблиці 4

№ вар.	ε	μ	S, M^2	h, M
1	1	0,51	0,05	1
2	1	0,6	0,01	0,8
3	1	0,75	0,04	0,7
4	1	0,6	0,03	1,2
5	1	0,55	0,01	1,5
6	1	0,7	0,05	1
7	1	0,6	0,1	1,8
8	1	0,75	0,05	1
9	1	0,5	0,03	0,9
10	1	0,6	0,04	0,6

Тема 5. Контроль фізичних властивостей та складу речовин.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Вимірювання густини рідини.
2. Густиноміри.
3. Вимірювання концентрації складу рідини.
4. Вимірювання в'язкості рідини.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Визначити витрату і швидкість витікання води з малого круглого отвору діаметром $d = 0,03$ мм в боковій стінці резервуара великих розмірів. Напір над центром отвору $H = 1$ м, температура води 20 °С.

Рішення

Кінематична в'язкість води $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

Визначаємо число Рейнольдса, що характеризує закінчення:

$$Re_H = \frac{\sqrt{2gH}d}{\nu} = \frac{\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} \cdot 0,03}{1 \cdot 10^{-6}} = 133000.$$

При цьому числі Рейнольдса: $\mu = 0,59$; $\varphi = 0,98$.

Швидкість витікання води з отвору

$$v = \varphi \sqrt{2gH} = 0,98 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} = 4,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Витрата яка витікає з отвору води

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH} = 0,59 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} =$$
$$= 0,00191 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 1,91 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

Задача. Рідина, що протікає по трубі діаметром 0,1 м із середньою швидкістю 1,5 м / с, попадає в бак. Потім далі йде на роздачу по трубці L і D. Визначити μ рідини, якщо звісно Δp . Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 5.

Таблиці 5.

№ вар	L,м	D,м	Δp ,кПа
1	1	0,05	50
2	2	0,03	60
3	3	0,01	100
4	5	0,05	40
5	2	0,04	40
6	1	0,02	70
7	5	0,03	100
8	3	0,05	60
9	2	0,1	30
10	1	0,04	35

Тема 6. Вимірювання вологості.

1. *Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:*

1. Абсолютна вологість.
2. Відносна вологість
3. Психрометричний метод.
4. Кондуктометричні, вологоміри.

2. *Опитування.*

3. *Практичні завдання.*

Приклад розв'язування завдання.

Приклад 1. Складіть принципову схему психрометра.

Рішення

Вимірювальна схема приладу (рис. 6.1) складається з двох мостів I і II, для яких плечі R_1 й R_2 спільні. У плече одного моста вбудовано «сухий» термометр R_{tc} , а в плече другого – «вологий» R_{tb} . Живляться мости від загального джерела живлення $U_{ж}$. У вимірювальній діагоналі ab моста I виникає різниця потенціалів, пропорційна температурі «сухого» термометра R_{tc} , а в діагоналі ac моста II – температурі «вологого» R_{tb} . Через те, що температура «сухого» термометра завжди більша за температуру «вологого», сигнал $U_{ab} > U_{ac}$. Їх різниця $\Delta U = U_b - U_{ac}$ подається на вхід підсилювача ЕП, підсилюється та управляє рухом реверсійного двигуна РД. РД переміщує повзун реохорда R_p доти, доки не настане рівновага системи. Шкала вимірювального приладу градується у відсотках відносної вологості.

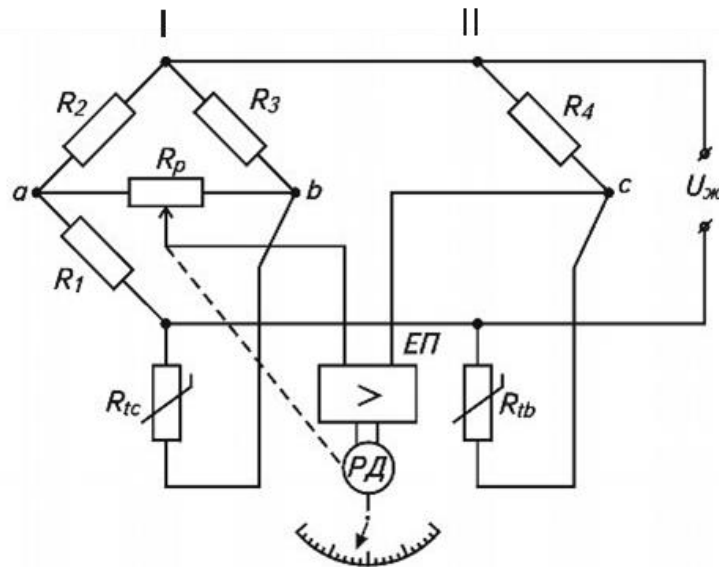


Рисунок 6.1 – Схема автоматичного психрометра

Приклад. 2. Розрахувати масу сухих речовин і води в 50 кг борошна вологістю 12,5 %.

Рішення

- 1) Вміст сухих речовин у сировині: $a = 100 - 12,5 = 87,5 \%$.
- 2) Маса сухих речовин у сировині: $G_{сп} = 50 - 87,5/100 = 43,75$ кг.
- 3) Маса води у сировині: $G_{вол} = 50 - 43,75 = 6,25$ кг або $G_{вол} = 50 \cdot 12,5/100 = 6,25$ кг.

Задача. Знайти вологість рідких дріжджів, якщо в M кг рідких дріжджів міститься V кг води.

Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 6.

Таблиці 6.

№ вар.	М кг	В кг
1	65	45
2	63	46
3	64	47
4	67	48
5	68	45
6	65	43
7	66	46
8	63	48
9	69	45
10	70	47

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ

Тема 7. Аналіз технологічного процесу як об'єкта керування.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Робастна система.
2. Адаптивне відхилення.
3. Мультиплікативному відхиленні/

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад 1. Виберіть керувальну дію для регулювання температури t у дріжджоростильному апараті із двох можливих: зміною витрати води на охолодження в теплообмінник ΔQ_T або зміною витрати води на зрошення стінок апарата ΔQ_3 . Максимальні діапазони їх зміни становлять: $\Delta Q_{T_{\max}} = 12 \text{ м}^3/\text{год}$; $\Delta Q_{3_{\max}} = 8 \text{ м}^3/\text{год}$, а криві розгону об'єкта апроксимовані передатними функціями: за каналом $\Delta Q_T - \Delta t$: $W_1(p) = -0,2 \exp(-30p) / (600p + 1)$, за каналом $\Delta Q_3 - \Delta t$: $W_2(p) = -0,6 \exp(-20p) / (400p + 1)$.

Рішення

Аналіз часів запізнювання і постійних часу показує, що для керування, необхідно вибрати витрату води на зрошення стінок, тому що показники цього каналу менші. Оцінимо вплив кожного з можливих каналів у статиці: $K_1 \Delta Q_T = 0,2 \cdot 12 = 2,4 \text{ }^\circ\text{C}$; $K_2 \cdot \Delta Q_3 = 0,6 \cdot 8 = 4,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Вплив у статиці ΔQ_3 на регульовану змінну більший, тому як керувальну дію остаточно вибираємо зміну витрати води на зрошення.

Приклад 2. Визначити кількість теплоти, яка проходить через 1 м^2 стінки котла, якщо її товщина $\delta = 20 \text{ мм}$, коефіцієнт теплопровідності стінки $\lambda = 40 \text{ Вт}/(\text{мК})$. Температура зовнішньої поверхні стінки $t_1 = 300^\circ\text{C}$ і внутрішньої поверхні $t_2 = 200^\circ\text{C}$. Стінку вважати плоскою.

Рішення

Гradient теплового потоку $grad t = (t_2 - t_1)/\delta = -5000 \text{ К}/\text{м}$

Згідно закону Фур'є кількість теплоти, яка приходить на 1 м^2 стінки котла, тобто густина теплового потоку $q = \lambda grad t = 0,2 \text{ МВт}/\text{м}^2$.

Задача. Визначити, чи зможе керувальна дія, обрана у задачі (Приклад 1) компенсувати збурення на ферментер за зміною витрати субстрату $\Delta Q = 10$, якщо коефіцієнт передачі об'єкта за каналом цього збурення $K_3 = 0,75$

№ вар.	ΔQ , м ³ /год	КЗ, °С/ (м ³ /год).
1	10	0.75
2	12	0.8
3	15	1.0
4	10	0.9
5	11	0.7
6	10	0.8
7	15	0.75
8	12	0.85
9	10	0.8
10	15	0.65

Тема 8. Визначення оптимальних настройок регуляторів одноконтурних замкнених АСР.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Регулювання зі збурення.
2. Статична характеристика.
3. Динамічна характеристика.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад 1. Визначити оптимальні настройки ПД-регулятора замкненої АСР, в склад якої входить сатуратор цукрового виробництва як об'єкт регулювання рН соку. Експериментально крива розгону цього об'єкта апроксимована таким диференціальним рівнянням: $50[d(\Delta pH)/ dx] + \Delta pH(\tau) = 0,025\Delta u(\tau - 20)$, де Δu — переміщення регульовального органа (РО) на трубопроводі сатураційного газу, % ходу РО.

Рішення

1. Визначаємо частотні характеристики об'єкта: фазочастотну (ФЧХ) та амплітудочастотну (АЧХ). Виходячи з вигляду диференціального рівняння маємо об'єкт як послідовне з'єднання двох ланок: чистого запізнення з $\tau=20$ с та аперіодичної ланки першого порядку зі сталою часу $T= 50$ с і коефіцієнтом передачі $k = 0,025$ од. рН / % ходу РО. ФЧХ ланки запізнення має такий вигляд: $\varphi_1(\omega) = -\omega \tau_{\text{зап}}$, аперіодичної ланки першого порядку — $\varphi_2(\omega) = -\arctg T\omega$. Враховуючи, що фазовий зсув послідовного з'єднання ланок визначається як сума фазових зсувів ланок, знаходимо ФЧХ об'єкта: $\varphi(\omega) = \varphi_1(\omega) + \varphi_2(\omega) = -(\omega\tau_{\text{зап}} + \arctg T\omega)$. АЧХ ланки запізнення має такий вигляд: $A_1(\omega) = 1$, аперіодичної ланки першого порядку — $A_2(\omega) = k/\sqrt{[1+[(T\omega)]^2]}$ Визначаємо частотні характеристики об'єкта: фазочастотну (ФЧХ) та амплітудочастотну (АЧХ). Виходячи з вигляду диференціального рівняння маємо об'єкт як послідовне з'єднання двох ланок: чистого запізнення

з $\tau=20$ с та аперіодичної ланки першого порядку зі сталою часу $T= 50$ с і коефіцієнтом передачі $k = 0,025$ од. рН / % ходу РО. ФЧХ ланки запізнення має такий вигляд: $\varphi_1(\omega) = -\omega \tau_{\text{зап}}$, аперіодичної ланки першого порядку — $\varphi_2(\omega) = -\arctg T\omega$. Враховуючи, що фазовий зсув послідовного з'єднання ланок визначається як сума фазових зсувів ланок, знаходимо ФЧХ об'єкта: $\varphi(\omega) = \varphi_1(\omega) + \varphi_2(\omega) = -(\omega\tau_{\text{зап}} + \arctg T\omega)$. АЧХ ланки запізнення має такий вигляд: $A_1(\omega) = 1$, аперіодичної ланки першого порядку — $A_2(\omega) = k / \sqrt{[1 + (T\omega)^2]}$. Враховуючи, що АЧХ при послідовному з'єднанні ланок визначається як добуток АЧХ відповідних ланок, знаходимо АЧХ об'єкта: $A(\omega) = A_1(\omega) \cdot A_2(\omega) = k / \sqrt{[1 + (T\omega)^2]}$. Враховуючи, що АЧХ при послідовному з'єднанні ланок визначається як добуток АЧХ відповідних ланок, знаходимо АЧХ об'єкта: $A(\omega) = A_1(\omega) \cdot A_2(\omega) = k / \sqrt{[1 + (T\omega)^2]}$.

2. Знаходимо критичне значення коефіцієнта передачі регулятора $k_{p.kp}$, при якому ПД-регулятор, попередньо перетворений відмиканням І- та Д-складових на П-регулятор, перебуватиме на межі стійкості, а також частоту відповідних власних коливань системи ω_{kp} . Для цього використовуємо такі наведені вище формули: $\varphi_{kp}(\omega_{kp}) = -\pi$; $A(\omega_{kp}) \cdot k_{p.kp} = 1$. Тоді рівняння для знаходження ω_{kp} буде мати такий вигляд: $20 \omega_{kp} + \arctg 50 \omega_{kp} = \pi$ і при застосуванні послідовних ітерацій $\omega_{kp} = 0,0895$ 1/с, а $A(\omega_{kp}) = 0,025 / \sqrt{[1 + (50 * 0,0895)^2]} = 0,00562$ од. рН / % 10 ходу РО. Звідси $k_{p.kp} = 1 / A(\omega_{kp}) = 1 / 0,0056 \cong 177$ % ходу РО / од. рН.

3. Визначаємо оптимальні настройки ПД-регулятора за наведеними вище формулами: $k_{p.опт} = 0,6 k_{p.kp} = 0,6 \cdot 177 \cong 106$ % ходу РО / од. рН; $k_{i.опт} = 0,192 k_{p.kp} \omega_{kp} = 0,192 \cdot 177 \cdot 0,0895 \cong 3,03$ % ходу РО / (од. рН · с); $k_{d.опт} = 0,471 k_{p.kp} / \omega_{kp} = 0,471 \cdot 177 / 0,0895 \cong 928$ (% ходу РО · с) / од. рН.

Задача. Визначити числові значення показників, що характеризують передатну функцію ферментера як об'єкта регулювання рН. Експериментальні дані зміни рН середовища у ферментері, отримані при стрибкоподібному переміщенні регульовального органа (РО) на трубопроводі аміачної води на 15 % ходу РО такі:

№ вар.	$\tau_1, \text{с}$	$\tau_2, \text{с}$	рН ₁	рН ₂
1	0	50	4.3	4.71
2	5	55	4.3	4.72
3	10	60	4.3	4.73
4	15	65	4.4	4.74
5	20	70	4.6	4.75
6	25	75	4.7	4.76
7	30	80	4.8	4.77
8	35	85	4.8	4.78
9	40	90	4.9	4.77
10	45	95	5.0	4.79

Тема 9. Комбіновані АСР.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Регулятори.
2. Компенсатори.
3. Динамічна помилка.
4. Коефіцієнт передачі компенсатора.

2. Опитування.

3. Практичні завдання

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Вибрати керувальний вплив і визначити передатну функцію компенсатора комбінованої АСР, що компенсує основне збурення теплообмінника змішування. Рівняння динаміки зміни температури в цьому об'єкті має такий вигляд: $80 [d(\Delta t)/dx] + \Delta t = 0,8 \Delta t_{\Gamma} + 0,8 \Delta t_x + 0,6 \Delta Q_{\Gamma} - 0,4 \Delta Q_x$, де Δt , Δt_{Γ} , Δt_x — зміни температур відповідно рідини всередині теплообмінника, а також гарячої і холодної рідини, що надходить у теплообмінник, °С; ΔQ_{Γ} , ΔQ_x — зміни витрат відповідно гарячої і холодної рідини, м³/год. Діапазони зміни вхідних перемінних: $\Delta t_{\Gamma \max} = \Delta t_{x \max} = \pm 5$ °С; $\Delta Q_{\Gamma \max} = \Delta Q_{x \max} = \pm 15$ м³/год.

Рішення

1. Тому що інерційність об'єкта за будь-яким каналом однакова, керувальний вплив вибираємо на основі аналізу статичних властивостей об'єкта за умовою (3): $0,8\Delta t_{x \max} = \pm 4$ °С; $0,6\Delta Q_{\Gamma \max} = \pm 9$ °С; $0,4\Delta Q_{x \max} = \pm 6$ °С. Отримані результати дають можливість виділити як керувальний вплив зміну витрати гарячої рідини, а основним збуренням вважати зміну витрати холодної рідини. Відповідні передатні функції об'єкта: за каналом керування $W_{ок}(p) = 0,6 / (80p+1)$; за каналом збурення $W_{оз}(p) = -0,4 / (80p+1)$.

2. Під'єднуємо вихід компенсатора на вхід об'єкта, тому що дана схема доцільніша, тоді передатна функція компенсатора визначається за виразом (6): $W_k(p) = 0,4(80p+1) / 0,6(80p+1) = 0,67$.

3. Компенсатор є пропорційним (підсилювальним) елементом, що змінює витрату гарячої рідини пропорційно зміні витрати холодної. Знак «+» перед коефіцієнтом передачі компенсатора означає, що зі збільшенням витрати холодної води витрата гарячої буде також збільшуватися.

Задача. Визначити передатну функцію компенсатора комбінованої АСР для теплообмінника змішування, рівняння якого наведено у контрольній задачі, при під'єднуванні компенсатора на вхід ПІ-регулятора температури з параметрами настроювання $K_{p1} = 1,2$ м³/год і $T_{i1} = 60$ с. Встановити, що необхідно змінити в компенсаторі для виконання умови часткової інваріантності при зміні настройок регулятора: $K_{p2} = 1,8$ м³/год і $T_{i2} = 80$ с, а

також при заміні регулятора на пропорційний. Скласти структурну схему комбінованої АСР для обох варіантів під'єднання компенсатора

№ Вар.	K_{p1}	T_{i1}	K_{p2}	T_{i2}
1	1.2	60	1.8	80
2	1.1	55	2.0	70
3	1.3	65	2.0	90
4	1.1	60	1.9	85
5	1.0	50	2.0	90
6	1.5	45	2.1	75
7	1.4	50	1.8	95
8	1.4	70	2.0	100
9	1.1	65	1.6	85
10	1.0	55	1.8	90

Тема 10. Системи регулювання багатовимірних об'єктів.

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Самовирівнювання.
2. Чисте (транспортне) запізнення.
3. Ємнісне (перехідне) запізнення.

2. Опитування.

3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Розробити автономну АСР температури і рівня (об'єму) у теплообміннику змішування двох рідин, призначеному для забезпечення споживача необхідною йому кількістю нагрітої рідини. Динамічна модель об'єкта має вигляд:

$$200 [d(\Delta t)/d\tau] + \Delta t = 700\Delta Q_1 + 0,5 \Delta t_1 + 0,5 \Delta t_2 - 500\Delta Q_2;$$

$$d(\Delta V)/d\tau = \Delta Q_1 + \Delta Q_2 - \Delta Q,$$

де Δt , Δt_1 , Δt_2 , — зміна температур рідин відповідно в теплообміннику, а також гарячої і холодної на вході в теплообмінник, °С; ΔQ_1 , ΔQ_2 , ΔQ — зміна витрат відповідно гарячої і холодної рідин на вході і нагрітої, що надходить до споживача, м³ /с; ΔV — зміна об'єму нагрітої рідини в теплообміннику, м³. Максимальні діапазони зміни входних перемінних: $\Delta t_{1max}=\Delta t_{2max}=\pm 5$ °С; $\Delta Q_1 = \Delta Q_2=\pm 0,02$ м³ /с.

Рішення

1. На основі аналізу статичних і динамічних властивостей як керувальний вплив для регулювання температури вибираємо зміну витрати гарячої рідини ΔQ_1 . За умовами технології споживачу повинна бути передана необхідна кількість нагрітої рідини. Отже, використовувати ΔQ_1 для

регулювання об'єму не можна. Тому керувальним впливом для регулювання ΔV варто використовувати зміну витрати холодної води ΔQ_2 .

2. Визначаємо передатні функції об'єкта за прямими і перехресними каналами:

$$\Delta Q_1 \text{ - } \Delta t: W_{11}(p) = 700 / (200p + 1); \Delta Q_2 \text{ - } \Delta V: W_{22}(p) = 1 / p;$$

$$\Delta Q_1 \text{ - } \Delta V: W_{12}(p) = 1 / p; \Delta Q_2 \text{ - } \Delta t: W_{21}(p) = -500 / (200p + 1).$$

Після перетворення передатних функцій у частотні характеристики визначаємо коефіцієнт зв'язності за виразом

$$K_{зв}(j\omega) = (1/j\omega) [500 / (200j\omega + 1)] / (1/j\omega) [700 / (200j\omega + 1)] = 0,71.$$

Оскільки числове значення $K_{зв}(j\omega)$ на всіх частотах менше одиниці, робимо висновок, що канали регулювання обрані правильно.

3. Визначаємо передатні функції компенсаторів автономної АСР відповідно до виразів

$$W_{1k}(p) = -(1/p) / (1/p) = -1; W_{2k}(p) = -[-500 / (200p + 1)] / [700 / (200p + 1)] = 0,71.$$

Знак «-» у передатній функції одного з компенсаторів означає, що для автономного регулювання даний компенсатор змінює ΔQ_2 у протилежний бік в порівнянні зі зміною ΔQ_1 під дією регулятора температури (для того щоб не змінювався об'єм при збільшенні ΔQ_1 , необхідно зменшувати ΔQ_2). Обидва компенсатори в динамічному відношенні являють собою пропорційні ланки і є фізично і технічно реалізованими. Отже, автономна АСР є працездатною.

Задача. Для контролера TSX Premium визначити оптимальні настройки ПІ-регулятора для стабілізації рН середовища у ферментері. Зміна сигналу вимірювального перетворювача від 0 до 10 В відповідає зміні рН від 4 до 9 од. рН, а на трубопроводі встановлено пневматичний виконавчий механізм з вихідним сигналом 20-100 кПа, що відповідає зміні ходу регулюючого органу 0-100.

№ вар.	k_p , %	T_1 , с
1	45	50
2	50	60
3	45	70
4	60	40
5	50	60
6	45	50
7	55	40
8	65	70
9	60	50
10	50	60

Тема 11. Оптимальне керування апаратами з використанням пошукових алгоритмі

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Алгоритм пошуку.
2. Алгоритм релаксації.
3. Критерії закінчення пошуку.

4. Алгоритм градієнта.
 5. Алгоритм найшвидшого спуску.
2. Опитування.
3. Практичні завдання.

Приклад розв'язування завдання.

Приклад. Визначити максимальну продуктивність ферментера p , кг/год, за допомогою пошукового алгоритму методу релаксації при стратегії зміни кроку, якщо цільова функція має такий вигляд: $p = -57679 + 2920 t - 36,8t^2 + 165,1 Q - 0,2 Q^2 - 4t \cdot Q$, де t — температура середовища, °C, $40 \geq t \geq 36$ °C; Q — витрата субстрату, м³ /год, $50 \geq Q \geq 30$ м³ /год. Початкові значення : $t_0 = 37,2$ °C; $Q_0 = 38$ м³ /год; кроку $h_0 = 0,1$. Критерій переходу на новий осьовий напрямок: $h_m < 0,025$; критерій закінчення пошуку: $\sum \sqrt{\left(\frac{dI^{(k)}}{du_i}\right)^2} < \delta = 10$.

Рішення

1. Постановка цієї задачі оптимального керування має такий вигляд: $P(t, Q) \rightarrow \max P\{t^*, Q^*\}$.

2. Змінні мають різний фізичний зміст, тому для порівняння часткових похідних переходимо до безрозмірних нормованих змінних, використовуючи співвідношення

$$u_i = (U_i - U_{imin}) / (U_{imax} - U_{imin}):$$

$$u_1 = (t - 36)/(40 - 36) = 0,25t - 9; \quad t = 4u_1 + 36;$$

перевіряємо:

$$U_{1min} (t = 36) = 0; \quad u_{1max} (t = 40) = 1;$$

$$u_2 = (Q - 30) / (50 - 30) = 0,05Q - 1,5;$$

$$Q = 20u_2 + 30;$$

$$\text{перевіряємо: } u_{2min} (Q = 30) = 0; \quad u_{2max} (Q = 50) = 1.$$

3. Знаходимо продуктивність ферментера як функцію безрозмірних нормованих змінних. Для цього підставляємо значення t і Q у цільову функцію:

$$p = -57679 + 2920(4u_1 + 36) - 36,8 (4u_1 + 36)^2 + 165,1 (20u_2 + 30) - 0,2 (20u_2 + 30)^2 - 4(4u_1 + 36)(20u_2 + 30) = 201,2 + 601,6 u_1 - 588,81 + 182u_2 - 80 u_2^2 - 320u_1 u_2.$$

Правильність отриманого співвідношення перевіряємо, підставляючи у цільову функцію значення t_{min} і Q_{min} , тоді $p(t_{min}, Q_{min}) = 201,2$ кг/год.

4. Визначаємо координати початкової точки і значення цільової функції у цій точці:

$$u_1(0) = 0,25t - 9 = 37,2 \cdot 0,25 - 9 = 0,3;$$

$$u_2(0) = 0,05Q - 1,5 = 0,05 \cdot 38 - 1,5 = 0,4;$$

$$p(0) = 201,2 + 601,6 \cdot 0,3 - 588,8 \cdot 0,32 + 182 \cdot 0,4 - 80 \cdot 0,42 - 320 \cdot 0,3 \cdot 0,4 = 350,3 \text{ кг/год}$$

Задача. Виберіть керувальну дію для регулювання температури t у дріжджоростильному апараті із двох можливих: зміною витрати води на охолодження в теплообмінник ΔQ_T або зміною витрати води на зрошення стінок апарата ΔQ_3 . Максимальні діапазони їх зміни становлять: $\Delta Q_{Tmax} = \text{м}^3/\text{год}$; $\Delta Q_{3max} = \text{м}^3/\text{год}$, а криві розгону об'єкта апроксимовані передатними функціями: за каналом $\Delta Q_T - \Delta t$: $W_1(p) = -0,2 \exp(-30p) / (600p + 1)$, за каналом $\Delta Q_3 - \Delta t$: $W_2(p) = -0,6 \exp(-20p) / (400p + 1)$.

№ вар.	ΔQ_{Tmax} , м ³ /год	ΔQ_{3max} , м ³ /год
1	12	8
2	15	10
3	11	8
4	10	6
5	12	7
6	11	5
7	15	9
8	14	8
9	11	7
10	13	8

**ЧАСТИНА 3.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ
РОБОТИ СТУДЕНТІВ**

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО АВТОМАТИКУ ТА АВТОМАТИЗАЦІЮ
ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Тема 1. Характеристики вимірювальних приладів.

Форми контролю: опитування, перевірка завдань.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

За типом вимірюваної величини розрізняють прилади для вимірювання

- A. температури
- B. тиску
- C. кількості
- D. усі відповіді вірні

Прилади які дають можливість одержувати вимірювану інформацію безпосередньо на відліковому приладі

- A. відображувальні
- B. реєструвальні
- C. сигналізувальні
- D. дискретні

За метрологічним призначенням розрізняють прилади

- A. робочі
- B. зразкові
- C. еталонні
- D. усі відповіді вірні

Похибки є умовно-постійними та виражаються у вигляді різниці між результатами вимірювання робочого та зразкового приладів є

- A. систематичні
- B. випадкові
- C. грубі
- D. тонкі

Рідинно-скляні термометри застосовують для вимірювання температур у діапазоні від

- A. -200 до $+750^{\circ}\text{C}$
- B. -100 до $+850^{\circ}\text{C}$
- C. -50 до $+750^{\circ}\text{C}$
- D. 0 до $+750^{\circ}\text{C}$

За способом подання інформації розрізняють прилади

- A. відображувальні
- B. реєструвальні
- C. сигналізувальні
- D. усі відповіді вірні

При нормальних умовах

- A. $T = 273\text{ K}$, $P = 760\text{ мм рт. ст.}$
- B. $T = 237\text{ K}$, $P = 765\text{ мм рт. ст.}$
- C. $T = 760\text{ K}$, $P = 273\text{ мм рт. ст.}$
- D. $T = 873\text{ K}$, $P = 573\text{ мм рт. ст.}$

Залежність тиску від температури визначається таким виразом

- A. $p_t = p_o \times [1 + \beta \times (t - t_o)]$
- B. $p_t = p_o \times [1 + \beta \times (t + t_o)]$
- C. $p_t = p_o / [1 + \beta \times (t - t_o)]$
- D. $p_t = p_o / [1 - \beta \times (t - t_o)]$

Залежність опору платини від температури в діапазоні від 0 до 650°C виражається рівнянням

- A. $R_t = R_0 (1 + At + Bt^2)$
- B. $R_t = R_0 (1 - At + Bt^2)$
- C. $R_t = R_0 (1 + At - Bt^2)$
- D. $R_t = R_0 / (1 + At + Bt^2)$

Умовою рівноваги моста є рівність добутків опорів протилежних плечей

- A. $(R_1 + 2Rnp)R_1 = R_2 R_3$
- B. $(R_1 - 2Rnp)R_1 = R_2 R_3$
- C. $(R_1 + 2Rnp)/R_1 = R_2 R_3$
- D. $(R_1 - 2Rnp)/R_1 = R_2 R_3$

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. В експерименті отримані наступні значення $I=1,5\text{A}$, $R=2,6\text{Om}$. З урахуванням похибки вимірювання $I=(1,5\pm 0,05)\text{A}$; $R=(2,6\pm 0,1)\text{Om}$. Обчислити похибку напруги.

2. Напруга в схемі 24 В, послідовно три резистора $R_1 = 100\text{m}$, $R_2 = 200\text{m}$ та $R_3 = 300\text{m}$. Знайти I при похибці $\Delta=0,1$

3. Напруга в схемі 6В, послідовно два резистора $R_1 = 100\text{m}$, $R_2 = 200\text{m}$. Знайти I при похибці $\Delta=0,5$

4. Сила струму 0,5А, напруга $U=6\text{В}$, в цепі чотири однакових резистора попарно паралельно з'єднаних. Знайти R .

5. У балоні місткістю 70 л зберігається кисень. Манометр на балоні показує 12 ат. Що буде показувати манометр, якщо балон занести з вулиці з температурою повітря (-15°C), в приміщення з температурою $+23^\circ\text{C}$? Атмосферний тиск 730 мм рт.ст.

Рекомендована література:

1. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.

2. Кіптєла Л.В. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. Харків, 2016. 133с.

3. Автоматизація виробничих процесів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пуллюя, 2011. – 344с.

4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупєна, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.

5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черевко, Л.В. Кіптєла, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.

6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.

7. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник / За ред. В.Є. Ходакова. К.: Вища шк., 2012. 287 с.

8. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів ПУСКУ, Полтава, 2001 114с.

9. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення схем автоматизації обладнання підприємств харчування для студентів. ПУСКУ, Полтава, 2003. 63 с.

Тема 2. Термоелектричні термометри

Форми контролю: опитування, перевірка завдань.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Термоелектричні пристрої застосовуються для вимірювання температури від

- A. -200 до $+2500^{\circ}\text{C}$.
- B. -100 до $+2000^{\circ}\text{C}$.
- C. 0 до $+2000^{\circ}\text{C}$.
- D. 0 до $+1500^{\circ}\text{C}$.

Найбільше поширення здобули такі типи термопар

- A. платина-платинородій
- B. хромель- алюмель
- C. хромель-копель
- D. усі відповіді вірні

Для вимірювання термоЕРС термопар застосовуються

- A. мілівольтметри
- B. потенціометри
- C. ваттметри
- D. мегометри

Принцип дії потенціометра ґрунтується на

- A. компенсації вимірюваної термоЕРС відомою напругою
- B. компенсації вимірюваної термоЕРС відомим струмом
- C. компенсації вимірюваної термоЕРС відомим опором
- D. компенсації вимірюваної термоЕРС відомим тиском

Пірометри бувають

- A. яскравісні
- B. радіаційні
- C. кольорові
- D. усі відповіді вірні

Недоліки термопар

- A. мала величина термоЕРС
- B. велика величина термоЕРС
- C. мала величина опору
- D. мала величина тиску

ТПП використовують для вимірювання температур до 1600° С, при 100° С її термоЕРС дорівнює

- A. 0,56 мВ
- B. 0,64 мВ
- C. 0,68 мВ
- D. 0,52 мВ

Пірометр CENTER 350 дозволяє виміряти температуру без безпосереднього контакту з об'єктом вимірювання. Діапазон температур

- A. – 20...+500° С
- B. – 10...+600° С
- C. –0...+1000° С
- D. + 20...+500° С

Залежно від візуалізації величин у пірометрах застосовують такі методи

- A. текстово-цифровий
- B. графічний
- C. А і В
- D. немає правильної відповіді

Рекомендована література:

1. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.

2. Кіптєла Л.В. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. Харків, 2016. 133с.

3. Автоматизація виробничих процесів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.

4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупєна, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.

5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черевко, Л.В. Кіптєла, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.

6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.

7. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник / За ред. В.Є. Ходакова. К.: Вища шк., 2012. 287 с.

8. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів ПУСКУ, Полтава, 2001 114с.

9. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення схем автоматизації обладнання підприємств харчування для студентів. ПУСКУ, Полтава, 2003. 63 с.

Тема 3. Вимірювання тиску.

Форми контролю: опитування, перевірка завдань.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Якщо абсолютний тиск ($p_{абс}$) більший за атмосферний тиск ($p_{ат}$), то надлишок над атмосферним тиском називається

- A. манометричним тиском
- B. надмірним тиском
- C. сумарним тиском
- D. технічним тиском

Атмосферний тиск вимірюється

- A. барометрами
- B. манометрами
- C. вакуумметрами
- D. анемометрами

Розрідження вимірюється

- A. барометрами
- B. манометрами
- C. вакуумметрами
- D. анемометрами

Вимірюваний тиск, розрідження або різниця тисків урівноважуються і вимірюються стовпом Н робочої рідини дорівнює

- A. сумі стовпів h_1 і h_2 в обох колінах
- B. різниці стовпів h_1 і h_2 в обох колінах
- C. стовпу h_1
- D. стовпу h_2

U-подібні манометри застосовуються для вимірювання тиску до

- A. 0,176 МПа
- B. 0,186 МПа
- C. 0,196 МПа
- D. 0,26 МПа

Деформаційні манометри застосовуються в діапазоні вимірювань від

- A. 50 Па до 1000 МПа
- B. 10 Па до 1500 МПа
- C. 500 Па до 1000 МПа
- D. 100 Па до 1000 МПа

Електроконтактні манометри ЕКМ випускаються з межами вимірювання

- A. 0,1–160 МПа
- B. 0,5–200 МПа
- C. 1–250 МПа
- D. 1–300 МПа

Ефекту виникнення електромагнітних зарядів під час деформації деяких кристалів

- A. кварцу
- B. турмаліну
- C. барію
- D. усі відповіді вірні

Принцип дії електричних манометрів полягає у використанні залежності електричних параметрів матеріалів від

- A. напруги
- B. тиску
- C. опору
- D. сили струму

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Визначити абсолютний (повний) гідростатичний і надлишковий тиск на дні ємності з водою, глибина якого 1,2 м, якщо над водою тиск атмосферний.

2. Визначити повний гідростатичний тиск і вакуум в точці, розташованій на глибині 0,5 м в ємності з густиною $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$. Тиск на вільній поверхні рідини складає $P_0 = 0,9 P_{\text{ат}}$.

3. Визначити всі види гідростатичного тиску в ємності з рідиною на глибині 3 м, при тиску на вільну поверхню рідини 210^5 Па . Густина рідини складає $0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

4. До вільної поверхні площею 10 см^2 ємності з водою глибиною 50 см прикладена поршнем сила 50 Н. Визначити гідростатичний тиск на всю площу дна ємності 100 см^2 .

5. Визначити глибину води h_1 в ємності, що сполучається з ємністю з рідиною, густина якої $\rho_2 = 860 \text{ кг/м}^3$ і її глибина над площею розділу $h_2 = 0,73 \text{ м}$.

6. Визначити вакуум P_v у верхній частині ємності з водою в точці 3, якщо у правому коліні U-подібної трубки знаходиться масло, з густиною $\rho_m = 850 \text{ кг/м}^3$. Висота стовпів рідин: $h_1 = 0,342 \text{ м}$; $h_2 = 0,8 \text{ м}$.

7. Визначте тиск на дні океану, якщо $H = 9 \text{ км}$, $\rho = 1,03 \text{ т/см}^3$

Вважати морську воду нестисливою. Як зміниться густина води, якщо врахувати стисливість. Прийняти $K = 2030 \text{ МПа}$.

Рекомендована література:

1. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.
2. Кіптєла Л.В. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. Харків, 2016. 133с.
3. Автоматизація виробничих процесів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.
4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупєна, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.
5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черєвко, Л.В. Кіптєла, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.
6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.
7. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник / За ред. В.Є. Ходакова. К.: Вища шк., 2012. 287 с.
8. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів ПУСКУ, Полтава, 2001 114с.
9. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення схем автоматизації обладнання підприємств харчування для студентів. ПУСКУ, Полтава, 2003. 63 с.

Тема 4. Вимірювання рівня, витрат та кількості речовин

Форми контролю: опитування, перевірка завдань

Завдання для самостійної роботи:

1.Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Використовуються такі рівнеміри

- А. електричні
- В. гідростатичні
- С. поплавкові
- Д. усі відповіді вірні

Дія електролітичних (електроконтактних) сигналізаторів рівня заснована на

- А. діелектричності рідини
- В. електропровідності рідини
- С. швидкості рідини

Д. в'язкості рідини

Кількість, що проходить крізь переріз каналу за одиницю часу називають

- А. витратою
- В. об'ємом
- С. масою
- Д. швидкістю

Залежність між витратою рідини Q , M^3/c , і перепадом тиску виражається рівнянням

- А. $n = \mu \varepsilon S \sqrt{2/\rho \Delta p}$
- В. $n = \mu \varepsilon S \sqrt{2\rho \Delta p}$
- С. $n = \mu \varepsilon / S \sqrt{2/\rho \Delta p}$
- Д. $n = \mu / \varepsilon S \sqrt{2/\rho \Delta p}$

Найбільш широко застосовують

- А. нормальні діафрагми
- В. сопла
- С. труби Вентурі
- Д. усі вірні

Під час проходження рідини крізь однорідне магнітне поле в ній з'являється ЕРС, яка буде пропорційна середній швидкості потоку

- А. $E = B l \frac{Q}{S}$
- В. $E = B l \frac{Q}{S}$
- С. $E = B + l \frac{Q}{S}$
- Д. $E = B - l \frac{Q}{S} 3$.

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. З лотку прямокутного перетину шириною $b = 40$ см при рівномірному русі протікає рідина $Q = 40$ л / с з середньою швидкістю $v = 1$ м / с. Визначити гідравлічний ухил потоку, якщо середня напруга тертя на стінках $\tau = 1,25$ Па.

2. Визначити витрату води Q через короткий трубопровід, що під'єднаний до резервуару. Вихідні дані: діаметр труби $d = 100$ мм, довжина труби $l = 50$ м, труби сталеві нові, коефіцієнт опору на вході в трубу $\zeta_{вх} = 0,4$, крана $\zeta_{кр} = 5,0$, напір $H = 4$ м, $z = 1$ м.

3. Розрахувати сумарні витрати води через два отвори у дні закритого резервуара. До одного з отворів під'єднана насадка довжиною $l = 80$ мм. Діаметри отворів $d_1 = 30$ мм, $d_2 = 20$ мм. Напір $H = 1$ м, манометричний тиск в резервуарі $p_m = 0,2$ ат.

4. Визначити витрату води в сифонному трубопроводі при таких вихідних даних: довжина $l = 50$ м, діаметр $d = 200$ мм, напір $H = 3$ м, $z = 1$ м, довжина сифону $l_1 = 40$ м. Коефіцієнти опору приймальної сітки, поворотів та виходу в

резервуар відповідно: $\zeta_c=4,7$; $\zeta_p=0,21$; $\zeta_{вих}=1,0$. Еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні трубопроводу $\Delta e=0,8$ мм.

Рекомендована література:

1. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.
2. Кіптєла Л.В. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. Харків, 2016. 133с.
3. Автоматизація виробничих процесів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.
4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупєна, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.
5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черєвко, Л.В. Кіптєла, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.
6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.
7. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник / За ред. В.Є. Ходакова. К.: Вища шк., 2012. 287 с.
8. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів ПУСКУ, Полтава, 2001 114с.
9. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення схем автоматизації обладнання підприємств харчування для студентів. ПУСКУ, Полтава, 2003. 63 с.

Тема 5. Контроль фізичних властивостей та складу речовин.

Форми контролю: опитування, перевірка завдань

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Прилади для вимірювання густини називаються густиномірами і за принципом дії поділяються на

- А. вагові
- В. поплавкові
- С. гідростатичні
- Д. усі відповіді вірні

У харчових виробництвах використовуються автоматичні

- A. поплавкові густиноміри
- B. вагові густиноміри
- C. гідростатичні густиноміри
- D. нема вірної відповіді

Від'ємний десятковий логарифм концентрації водневих іонів називається водневим показником і позначається

- A. Ph
- B. pH
- C. pN
- D. pB

У нейтральному розчині концентрація іонів H^+ і OH^- є

- A. однаковою
- B. більше $[H^+]$
- C. більше $[OH^-]$
- D. коли як

Для нейтрального середовища (дистильована вода)

- A. pH = 5
- B. pH = 6
- C. pH = 7
- D. pH = 8

Оптичні концентратоміри поділяються на

- A. фотоелектричні
- B. нефелометри
- C. рефрактометри
- D. усі відповіді вірні

Розрізняють динамічну та кінематичну в'язкості, пов'язані між собою відношенням

- A. $\mu = \rho \nu$
- B. $\mu = \rho / \nu$
- C. $\nu = \rho \mu$
- D. $\nu = \rho / \mu$

Q – об'ємна витрата рідини, що витікає з трубки дорівнює

- A. $Q = m \frac{\pi d^4}{\mu l} \Delta p$
- B. $Q = S \frac{\pi d^4}{\mu l} \Delta p$
- C. $Q = \frac{\pi d^4}{\mu l} \Delta p$
- D. $Q = T \frac{\pi d^4}{\mu l} \Delta p$

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Визначити висоту стовпа води в резервуарі h при якому витрата через два отвори буде $Q = 20$ л/с. Діаметри отворів $d = 60$ мм, відстані $a_1 = 20$ см, $a_2 = 50$ см.

2. Визначити масу поплавка діаметром $D = 20$ см, який би при товщині шару бензину $H \geq 80$ см забезпечував автоматичне відкриття клапана діаметром $d = 4$ см. Довжина тяги $h = 74$ см, маса клапана та тяги $m_k = 0,18$ кг, густина бензину $\rho = 800$ кг/м³

3. Через отвір у тонкій стінці резервуара витікає вода в бак об'ємом $W = 1,9$ м³. Діаметр отвору $d = 4$ см, напір над центром отвору $H = 0,9$ м. Визначити час наповнення бака та напір при якому бак наповниться в 2 рази швидше.

4. Розрахувати діаметр нової сталевий труби довжиною 150 м за допомогою якої заповнюється резервуар об'ємом $W = 12,6$ м³ за час $t = 30$ хв. Напір в трубі постійний $H = 2,6$ м.

Рекомендована література:

1. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.

2. Кіптєла Л.В. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. Харків, 2016. 133с.

3. Автоматизація виробничих процесів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пуллюя, 2011. – 344с.

4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупєна, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.

5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черевко, Л.В. Кіптєла, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.

6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.

7. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник / За ред. В.Є. Ходакова. К.: Вища шк., 2012. 287 с.

8. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів ПУСКУ, Полтава, 2001 114с.

9. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення схем автоматизації обладнання підприємств харчування для студентів. ПУСКУ, Полтава, 2003. 63 с.

Тема 6. Вимірювання вологості

Форми контролю: опитування, перевірка завдань.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Суміш сухого повітря з водяною парою називається

- A. вологим повітрям
- B. сухим повітрям
- C. газовою сумішшю
- D. усі відповіді вірні

Тиск вологого повітря, який дорівнює барометричному являє собою суму парціальних тисків сухого повітря і водяної пари

- A. закон Дальтона
- B. Дарсі-Вейсбаха
- C. Блазіуса
- D. Гука

В основу принципу дії кондуктометричних вологомірів покладено залежність

- A. електричного опору від вмісту вологи
- B. електричного опору від тиску повітря
- C. тиску повітря від вмісту вологи
- D. електричного струму від тиску повітря

Температура, до якої необхідно охолодити вологе повітря при постійному тиску, щоб воно стало насиченим, називається

- A. температурою точки роси.
- B. критичною точкою
- C. насиченою точкою
- D. головною точкою

Маса водяної пари в 1 м³ вологого повітря або густина водяної пари, яка перебуває в перегрітому стані, при його парціальному тиску і температурі повітря

- A. абсолютна вологість повітря
- B. мінімальна вологість повітря
- C. критична вологість повітря
- D. звичайна вологість повітря

Кількість сконденсованої вологи визначається за формулою:

- A. $M_{\text{вол}} = m(d_{\text{Д}} - d_{\text{Е}})$,
- B. $M_{\text{вол}} = m(d_{\text{Д}} + d_{\text{Е}})$,
- C., $M_{\text{вол}} = m(d_{\text{Д}} / d_{\text{Е}})$,
- D. $M_{\text{вол}} = cm(d_{\text{Д}} - d_{\text{Е}})$, ,

Маса водяної пари, яка приходить на 1 кг сухого повітря, називається

- A. вологовмістом
- B. ентальпія
- C. ентропія
- D. втратами рідини

Прилад для вимірювання температури та вологості повітря

- A. психрометр
- B. термометр
- C. вологомір
- D. барометр

Суміш сухого повітря і перегрітої водяної пари називається

- A. ненасиченим вологим повітрям
- B. насиченим вологим повітрям
- C. ненасиченим сухим повітрям
- D. насиченим сухим повітрям

3. Задачі для самостійного розв'язування

1. Визначити парціальний тиск водяної пари у вологому повітрі з температурою 40 °С та відносною вологістю 47 %.

2. Температура атмосферного повітря 20 °С, відносна вологість 90 %. Визначити парціальний тиск водяної пари.

3. Стан вологого повітря заданий параметрами: $t = 25$ °С, $\phi = 60$ %. Визначити парціальний тиск водяної пари.

4. Повітря має параметри: $t = 35$ °С, та $\phi = 45$ %. До якого значення повинна понизитись його температура, щоб з'явилася роса?

5. Парціальний тиск водяної пари у вологому повітрі 1 кПа. Температура повітря 20 °С. Визначити відносну вологість повітря.

6. Визначити граничну температуру охолодження води (температуру вологого термометра) в градирні, де вода омивається повітрям з температурою 30 °С та відносною вологістю 40 %.

7. Визначити вологовміст, ентальпію, точку роси та абсолютну вологість атмосферного повітря, що має температуру 37 °С та відносну вологість 60 %.

8. Визначити ентальпію, та вміст вологи повітря при $t = 30$ °С, та $\phi = 45\%$. При якій температурі він стане насиченим?

9. Знайти вологовміст, ентальпію та точку роси вологого повітря, якщо його температура 50 °С та відносна вологість 25 %.

10. Вологе повітря при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ має точку роси, рівну $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначити відносну вологість, вміст вологи та ентальпію цього повітря.

11. Компресор втягує вологе повітря, відносна вологість якого 80 %, а температура $17\text{ }^{\circ}\text{C}$, і подає в систему пневматичного регулювання. Скільки водяної пари попадає в систему за 8 годин, якщо витрата повітря $100\text{ м}^3/\text{год}$.

Рекомендована література:

1. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.

2. Кіптєла Л.В. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. Харків, 2016. 133с.

3. Автоматизація виробничих процесів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулляя, 2011. – 344с.

4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупєна, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.

5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черевко, Л.В. Кіптєла, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.

6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.

7. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник / За ред. В.Є. Ходакова. К.: Вища шк., 2012. 287 с.

8. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів ПУСКУ, Полтава, 2001 114с.

9. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення схем автоматизації обладнання підприємств харчування для студентів. ПУСКУ, Полтава, 2003. 63 с.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ

Тема 7 Аналіз технологічного процесу як об'єкта керування.

Форми контролю: опитування, перевірка завдань.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Систему, що характеризується допустимими змінними якості при зміні або неточності її моделі, називають

- A. робастною
- B. приблизною
- C. робочою
- D. змінною

Адаптивне відхилення характеризує набір

- A. можливих передатних функцій об'єкту керування
- B. постійних передатних функцій об'єкту керування
- C. любых передатних функцій об'єкту керування
- D. імовірних передатних функцій об'єкту керування

При мультиплікативному відхиленні передатна функція об'єкту керування приймає вигляд

- A. $G_m(p) = G(p)[1 + M(p)]$
- B. $G_m(p) = G(p)[1 - M(p)]$
- C. $G_m(p) = G(p)[1/M(p)]$
- D. $G_m(p) = G(p)/[1 + M(p)]$

При $k = 1$ ця система нестійка, але її можливо зробити стійкою, зменшивши коефіцієнт k до значення

- A. $k = 0,45$
- B. $k = 0,5$
- C. $k = 0,55$
- D. $k = 0,6$

Перший метод синтезу базується на використанні оцінки якості (ІЗМП)

- A. інтегралу від зваженого модуля помилки
- B. диференціалу від зваженого модуля помилки
- C. інтегралу від вибіркового модуля помилки
- D. нема вірної відповіді

Час установлення системи (за критерієм 2%) дорівнює

- A. 0,8с
- B. 0,9
- C. 1.0
- D. 1.2

Система керування, у якій автоматично визначається потрібний закон управління за рахунок аналізу поведінки об'єкту в процесі поточного управління, називається

- A. самоорганізаційною
- B. адаптивною
- C. самоналагоджувальною
- D. усі вірні

До регулярних методів відносяться методи повного перебору

- A. Декарта
- B. Гауса-Зейделя
- C. Фрідкіна
- D. Ейлера

Таким чином, основна особливість адаптивних систем керування

- A. не можливість одержання інформації в процесі функціонування
- B. можливість одержання інформації в процесі функціонування
- C. можливість одержання інформації в процесі паузи
- D. немає вірної відповіді

3. Задачі для самостійного розв'язування.

Визначити основне збурення при регулюванні температури у зоні дифузійного апарата ПІ-регулятором, якщо лінеаризоване рівняння статички зміни температури Δt має такий вигляд: $\Delta t = 0,1\Delta u + 0,4\Delta t_c + 0,5\Delta t_v - 0,8\Delta G_c - 0,5\Delta Q_v$, де Δu — зміна керувальної дії (витрата пари), %хРО; Δt_c , Δt_v — зміни температур відповідно стружки і води на вході в апарат, °С; ΔG_c — зміни витрати стружки в апарат; ΔQ_v — зміни витрати води в апарат, м³/год. У номінальному режимі $u_0 = 60$ % РО, $t_0 = 72$ °С (задане значення). Можливі збурення на об'єкт: $\Delta t_c = 7$ °С; $\Delta t_v = 5$ °С; $\Delta G_c = 5$ т/год, враховуючи, що при змінах витрати стружки система регулювання змінює витрату води в співвідношенні $\Delta Q_v = 1,2 \Delta G_c$. Розрахувати також нові сталі значення керувальної дії і температури в апараті при дії цього збурення.

Рекомендована література:

1. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.
2. Кіптєла Л.В. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. Харків, 2016. 133с.
3. Автоматизація виробничих процесів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Навчальний посібник для технічних

спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулля, 2011. – 344с.

4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.

5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черевко, Л.В. Кіптела, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.

6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.

7. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник / За ред. В.Є. Ходакова. К.: Вища шк., 2012. 287 с.

8. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів ПУСКУ, Полтава, 2001 114с.

9. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення схем автоматизації обладнання підприємств харчування для студентів. ПУСКУ, Полтава, 2003. 63 с.

Тема 8. Визначення оптимальних налаштувань регуляторів одноконтурних замкнених АСР.

Форми контролю: опитування, перевірка завдань.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

Мінімум інтегрального квадратичного критерію при ступені згасання не нижче

A. 0.75В

B. 0,8В

C. 0,85В

D. 0.9В

Граничні умови, при яких задається розподіл температур по всій поверхні тіла в функції часу

A. першого роду

B. другого роду

C. третього роду

D. четвертого роду

Оптимізація в інженерній практиці проводиться рядом методів, серед яких доволі поширеним є,

- A. метод Декарта
- B. метод Гауса-Зейделя
- C. метод Циглера-Нікольса
- D. метод Ейлера

Знаходження оптимальних настройок регулятора аналітичним шляхом (на етапі розробки АСР) базується на використанні частотного

- A. критерію Найквіста.
- B. критерію Гауса-Зейделя
- C. критерію Циглера-Нікольса
- D. критерію Ейлера.

Статична характеристика визначає залежність

- A. вихідної величини від вхідної дії на об'єкт
- B. вхідної величини від вхідної дії на об'єкт
- C. вихідної величини від вихідної дії з об'єкту
- D. вхідної величини від вхідної дії з об'єкту

k – коефіцієнт передачі об'єкта

- A. тангенс кута нахилу α
- B. синус кута нахилу α
- C. косинус кута нахилу α
- D. котангенс кута нахилу α

Динамічна характеристика визначає залежність зміни вихідного параметра об'єкта від

- A. часу під впливом вхідної величини
- B. тиску під впливом вхідної величини
- C. часу під впливом вихідної величини
- D. тиску під впливом вихідної величини.

3. Задачі для самостійного розв'язування.

Визначити оптимальні настройки ПІ-регулятора температури в теплообміннику, динамічна характеристика якого наведена в задачі. Визначити, чи достатній діапазон керуючого впливу $\Delta G_{\text{п max}} = 0,1$ кг/с для компенсації основного збурення при регулюванні температури. Динаміка зміни температури Δt в кожухотрубному теплообміннику описується системою рівнянь: $15 [d(\Delta t_{\text{п}})/dt] + \Delta t_{\text{п}} = 80 \Delta G_{\text{п}} + 0,2 \Delta t_{\text{ст}}$; $20 [d(\Delta t_{\text{ст}})/dt] + \Delta t_{\text{ст}} = 0,8 \Delta t_{\text{п}} + 0,25 \Delta t$; $40 [d(\Delta t)/dt] + \Delta t = 0,85 \Delta t_{\text{ст}} + 0,6 \Delta t_{\text{вх}} - 0,4 \Delta Q$, де $\Delta t_{\text{п}}$, $\Delta t_{\text{ст}}$, $\Delta t_{\text{вх}}$ — зміни температур відповідно в паровій ємності, ємності стінки і рідини на вході в теплообмінник, °С; $\Delta G_{\text{п}}$ — зміни витрати пари (керувальної дії); ΔQ — зміна витрати рідини в теплообмінник, м³/год. Найбільші можливі збурення: $\Delta t_{\text{вх max}} = 6$ °С; $\Delta Q_{\text{max}} = 12$ м³/год.

Рекомендована література:

1. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.
2. Кіптєла Л.В. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. Харків, 2016. 133с.
3. Автоматизація виробничих процесів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.
4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупєна, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.
5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черєвко, Л.В. Кіптєла, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.
6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.
7. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник / За ред. В.Є. Ходакова. К.: Вища шк., 2012. 287 с.
8. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів ПУСКУ, Полтава, 2001 114с.
9. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення схем автоматизації обладнання підприємств харчування для студентів. ПУСКУ, Полтава, 2003. 63 с.

Тема 9 . Комбіновані АСР

Форми контролю: опитування, перевірка завдань.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

У комбінованих АСР виникає завдання розроблення структури і параметрів

- А. компенсатора
- В. підсилювача
- С. дозатора
- Д. всі відповіді вірні

Комбіновані АСР, як і інші багатоконтурні АСР, застосовуються в тому разі, якщо не забезпечується необхідна динамічна помилка

- А. за допомогою замкнутої одноконтурної системи
- В. за допомогою розімкнутої одноконтурної системи

- C. за допомогою замкненої двухконтурної системи
- D. за допомогою замкненої трьохконтурної системи

При під'єднанні компенсатора до входу об'єкта передатна функція компенсатора $W_k(p)$ визначається за співвідношенням

- A. $W_k(p) = -W_{оз}(p) / W_{ок}(p)$
- B. $W_k(p) = -W_{оз}(p) W_{ок}(p)$
- C. $W_k(p) = -W_{оз}(p) + W_{ок}(p)$
- D. $W_k(p) = -W_{оз}(p) - W_{ок}(p)$

При під'єднанні компенсатора до входу регулятора об'єкта передатна функція компенсатора $W_k(p)$ визначається за співвідношенням

- A. $W_k(p) = -W_{оз}(p) / W_{ок}(p)W_p$
- B. $W_k(p) = -W_{оз}(p) / W_{ок}(p) + W_p$
- C. $W_k(p) = -W_{оз}(p) / W_{ок}(p) - W_p$
- D. $W_k(p) = -W_{оз}(p) + W_{ок}(p)W_p$

Найчастіше як реальні компенсатори використовують такі ланки

- A. реальна диференціувальна $W(p) = kTp / (Tp+1)$
- B. аперіодична першого порядку $W(p) = k / (Tp+1)$
- C. немінімально-фазова $W(p) = k(1 - Tp) / (1+Tp)$
- D. усі відповіді вірні

Розбіжність частотних характеристик у часовому аналізі означає

- A. розбіжність напрямку дії керування на виході компенсатора в порівнянні з необхідним.
- B. збіжність напрямку дії керування на виході компенсатора в порівнянні з необхідним.
- C. розбіжність напрямку дії керування на виході регулятора в порівнянні з необхідним.
- D. усі відповіді вірні

3. Задачі для самостійного розв'язування.

Визначити передатну функцію компенсатора комбінованої АСР рН у ферментері. Передатна функція об'єкта за каналом основного збурення (витрата субстрату у ферментер — рН середовища) має вигляд: $W_{оз}(p) = 0,08e^{-15p} / (20p+1)$. Розмірність коефіцієнта передачі об'єкта: од. рН / (m^3 / год), постійної часу і часу запізнювання — с. Конструктивні і режимні параметри роботи теплообмінника такі: об'єм рідини $V_0 = 10 m^3$; номінальні витрати в теплообмінник гарячої і холодної рідин $Q_{10} = Q_{20} = 0,025 m^3 / c$; їхні номінальні температури: $t_{10} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{20} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; номінальна температура рідини в теплообміннику $t_{10} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$. Максимально можливі зміни вхідних перемінних: $\Delta t_1 = \pm 6 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta t_2 = \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta Q_1 = \Delta Q_2 = \pm 0,01 m^3 / c$.

Рекомендована література:

1. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.
2. Кіптела Л.В. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. Харків, 2016. 133с.
3. Автоматизація виробничих процесів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.
4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.
5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черевко, Л.В. Кіптела, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.
6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.
7. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник / За ред. В.Є. Ходакова. К.: Вища шк., 2012. 287 с.
8. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів ПУСКУ, Полтава, 2001 114с.
9. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення схем автоматизації обладнання підприємств харчування для студентів. ПУСКУ, Полтава, 2003. 63 с.

Тема 10. Системи регулювання багатовимірних об'єктів.

Форми контролю: опитування, перевірка завдань.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.
2. Розв'яжіть тестові завдання.

Динаміка багатовимірних об'єктів описується системою диференціальних рівнянь, і перетворюється в матрицю передатних функцій за

- A. Лапласом
- B. Ейлером
- C. Гаусом
- D. Ньютоном

Якісну оцінку взаємного впливу двох контурів регулювання проводять за допомогою комплексного коефіцієнта зв'язності

- A. $K_{ЗВ}(j\omega) = W_{12}(j\omega) W_{21}(j\omega) / W_{11}(j\omega)W_{22}(j\omega)$
- B. $K_{ЗВ}(j\omega) = W_{12}(j\omega) + W_{21}(j\omega) / W_{11}(j\omega)W_{22}(j\omega)$
- C. $K_{ЗВ}(j\omega) = W_{12}(j\omega) - W_{21}(j\omega) / W_{11}(j\omega)W_{22}(j\omega)$
- D. $K_{ЗВ}(j\omega) = W_{12}(j\omega) W_{21}(j\omega) / W_{11}(j\omega)+W_{22}(j\omega)$

Рівняння кривої розгону

- A. $x_{ВИХ} = k\mu \left[1 - \exp\left(-\frac{1}{T}\right) \right]$
- B. $x_{ВИХ} = k\mu \left[1 + \exp\left(-\frac{1}{T}\right) \right]$
- C. $x_{ВИХ} = k\mu \left[1 - \exp\left(\frac{1}{T}\right) \right]$
- D. $x_{ВХ} = k\mu \left[1 - \exp\left(-\frac{1}{T}\right) \right]$

Рівняння динаміки такого астатичного об'єкта має вигляд

- A. $F \frac{dH}{dt} = Q_{пр} - Q_{ст}$
- B. $F \frac{dH}{dt} = Q_{пр} + Q_{ст}$
- C. $F \frac{dH}{dt} = Q_{пр} Q_{ст}$
- D. $F \frac{dH}{dt} = Q_{пр} / Q_{ст}$

Між зміною вхідного та вихідного сигналів проходить певний час, який і буде

- A. часом чистого запізнення τ_3
- B. часом брудного запізнення τ_3
- C. часом миттєве запізнення τ_3
- D. усі відповіді вірні

Запізнення що виникає з подоланням потоком речовини або енергії опору об'єктів, що розділяють теплові, гідравлічні та інші ємності називають

- A. перехідне запізнення
- B. чисте запізнення
- C. миттєве запізнення
- D. нема вірної відповіді

Здатність об'єктів самостійно, без втручання регулятора, віднайти після збурення новий стану рівноваги

- A. самовирівнювання
- B. саморегуляторність
- C. самостримання
- D. усі вірні

Стан об'єкта визначають

- A. збурювальні дії λ ,
- B. управляюча дія μ
- C. регульована змінна $x_{вих}$
- D. усі вірні

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Визначити канали керування в бражній колоні та оцінити можливість реалізації автономної АСР, якщо регулюються температура охолоджувальної води після конденсатора $\theta_{ох}$ і температура верху колони θ_B , а регульовальні дії пов'язані зі зміною витрати води G і витрати бражки F . Передатні функції за можливими каналами регулювання мають такий вигляд:

$$G - \theta_{ох}: 0,285 \exp(-74p) / (268p + 1);$$
$$G - \theta_B: 0,009 \exp(-100p) / (190p + 1);$$
$$F - \theta_{ох}: 0,9 \exp(-100p) / (423p + 1);$$
$$F - \theta_B: 0,147 \exp(-72p) / (450p + 1)$$

2. Визначити канали керування в ректифікаційній колоні та оцінити можливість реалізації автономної АСР, якщо регулюються тиск у верху колони p_B та температура на контрольній тарілці $\theta_{КТ}$, а регульовальні дії пов'язані зі зміною витрати холодної води G та відбору ректифікату D . Передатні функції за можливими каналами регулювання мають такий вигляд:

$$G - p_B: 350 \exp(-5p) / (900p + 1);$$
$$G - \theta_{КТ}: 0,053 \exp(-287p) / (416p + 1);$$
$$D - p_B: 98 \exp(-420p) / (900p + 1);$$
$$D - \theta_{КТ}: 0,048 \exp(-314p) / (424p + 1).$$

Рекомендована література:

1. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.
2. Кіптєла Л.В. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. Харків, 2016. 133с.
3. Автоматизація виробничих процесів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.
4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупєна, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.
5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черєвко, Л.В. Кіптєла, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.
6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.
7. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник / За ред. В.Є. Ходакова. К.: Вища шк., 2012. 287 с.

8. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів ПУСКУ, Полтава, 2001 114с.

9. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення схем автоматизації обладнання підприємств харчування для студентів. ПУСКУ, Полтава, 2003. 63 с.

Тема 11. Оптимальне керування апаратами з використанням пошукових алгоритмі.

Форми контролю: опитування, перевірка завдань.

Завдання для самостійної роботи:

1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

2. Розв'яжіть тестові завдання.

В основі градієнтних алгоритмів лежить аналіз і обчислення похідної цільової функції $I(u)$. Найбільшого поширення серед них набули алгоритми

- A. релаксації
- B. градієнта
- C. найшвидшого спуску
- D. усі вірні

Алгоритм пошуку для обраного осьового напрямку має такий вигляд,

- A. $u_i^{(k+i)} = u_i^{(k)} - h_i^{(k)} \operatorname{sgnd} I^{(k)} / du_i$
- B. $u_i^{(k+i)} = u_i^{(k)} - h_i^{(k)} + \operatorname{sgnd} I^{(k)} / du_i$
- C. $u_i^{(k+i)} = u_i^{(k)} + h_i^{(k)} \operatorname{sgnd} I^{(k)} / du_i$
- D. $u_i^{(k+i)} = u_i^{(k)} - h_i^{(k)} - \operatorname{sgnd} I^{(k)} / du_i$

Наявність похибки при визначенні екстремуму приводить до використання такої нерівності

- A. $\sum \sqrt{\left(\frac{dI^{(k)}}{du_i}\right)^2} < \delta$
- B. $\sum \sqrt{\left(\frac{dI^{(k)}}{du_i}\right)^2} > \delta$
- C. $\sum \sqrt{\left(\frac{dI^{(k)}}{du_i}\right)^2} = \delta$
- D. $\sum \sqrt{\left(\frac{dI^{(k)}}{du_i}\right)^2} < \delta/u$

Види забезпечення АСУ ТП

- A. інформаційне забезпечення
- B. технічне забезпечення
- C. організаційне забезпечення
- D. усі вірні

Для управління апаратами або ланками технологічного процесу мікроконтролери застосовуються на

- A. нижньому рівні АСУ ТП
- B. верхньому рівні АСУ ТП
- C. середньому рівні АСУ ТП
- D. усі вірні

Досвід упровадження та експлуатації централізованих АСУ ТП виявив такі їх основні недоліки

- A. низьку живучість системи
- B. великі витрати кабельної продукції
- C. складності в організації управління ТОУ
- D. усі вірні

3. Задачі для самостійного розв'язування.

1. Побудувати логіко-динамічну схему та граф-схему алгоритме функціонування однофункціональної тристадійної мішалки періодичної дії, використовуваної для приготування як освітленого, так і неосвітленого розчину живильних солей у виробництві кормових дріжджів. Цикл роботи мішалки включає такі операції: 1) завантаження розчинника; 2) завантаження солей та початок перемішування; 3) закінчення завантаження та розчинення; 4) закінчення перемішування та початок освітлення; 5) закінчення освітлення та початок вивантаження освітленого розчину; 6) закінчення вивантаження освітленого розчину та дозавантаження розчинника; 7) дозавантаження солей та початок перемішування; 8) закінчення дозавантаження та розчинення; 9) закінчення розчинення та початок вивантаження розчину з частковим його поверненням для кращого перемішування; 10) закінчення перемішування та закінчення повернення розчину; 11) закінчення вивантаження розчину.

2. Визначити максимальну продуктивність ферментера за допомогою алгоритму градієнта з урахуванням того, що цільова функція в безрозмірних нормованих змінних має такий вигляд: $p = 201,2 + 601,6 u_1 - 588,8 u_1^2 + 182 u_2 - 80 u_2^2 - 320 u_1 u_2$. Критерій закінчення пошуку: $[|p(k+1) - p(k)|100] / p(k) < 0,1\%$

3. Визначити максимальну продуктивність ферментера за допомогою алгоритму найшвидшого спуску з використанням такого локального критерію закінчення пошуку: $h(m) < 0,025$ для будь-якої складової вектора керувань. Глобальний критерій закінчення пошуку перевіряється при зміні напрямку пошуку. Цільова функція в безрозмірних нормованих змінних має такий вигляд: $p = 201,2 + 601,6 u_1 - 588,8 u_1^2 + 182 u_2 - 80 u_2^2 - 320 u_1 u_2$

Рекомендована література:

1. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016 - 352 с.
2. Кіптєла Л.В. Автоматизація виробничих процесів: Навч. посібник / Харк. держ. академія технол. та орг. харчування. Харків, 2016. 133с.
3. Автоматизація виробничих процесів / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.
4. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупєна, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. - К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378 с.
5. Автоматизація виробничих процесів: підручник / О.І. Черєвко, Л.В. Кіптєла, В.М. Михайлов, О.Є. Загорулько. Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.
6. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.
7. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика: Підручник / За ред. В.Є. Ходакова. К.: Вища шк., 2012. 287 с.
8. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів ПУСКУ, Полтава, 2001 114с.
9. Автоматизація виробничих процесів. Методичні рекомендації для самостійної роботи з вивчення схем автоматизації обладнання підприємств харчування для студентів. ПУСКУ, Полтава, 2003. 63 с.

Навчальне видання

Омельченко Олександр Володимирович,

Перекрест Володимир Вікторович

Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ
АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ**

Формат 60×84/8. Ум. др. арк. 2.

Донецький національний університет
економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
50042, Дніпропетровська обл.,
м. Кривий Ріг, вул. Курчатова, 13.
Свідоцтво суб'єкта видавничої
справи ДК № 4929 від 07.07.2015 р.