

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

# **ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ**

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних і практичних занять  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
за спеціальностями – 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані  
технології та робототехніка» та 141 «Електротехніка,  
енергетика та електромеханіка»

Київ 2024

УДК 62–5 [075.8]

T79

Укладачі: С.В. Іносов, канд. техн. наук, доцент;  
Т.Г. Соболевська, асистент

Рецензент Г.І. Голенков, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск А.В. Запривода, канд. техн. наук,  
доцент, зав. кафедрою автоматизації технологічних процесів

*Затверджено на засіданні кафедри автоматизації  
технологічних процесів, протокол № 6 від 13.12.2023 року.*

В авторській редакції.

**Теорія** автоматичного керування : методичні вказівки до  
T79 лабораторних і практичних робіт / уклад. : С.В. Іносов,  
Т.Г. Соболевська. – Київ : КНУБА, 2024. – 16 с.

Містять вимоги до змісту лабораторних робіт з курсу Теорія  
автоматичного управління.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти за спеціальностями – 174 «Автоматизація,  
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» та 141  
«Електротехніка, енергетика та електромеханіка».

© КНУБА, 2024

## ЗМІСТ

	стор.
ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	5
Робота № 1. Інтегрування сигналу за допомогою згортки .....	6
Робота № 2. Розрахунок вагової функції теплового об'єкта регулювання за результатами експеримента .....	6
Робота № 3. Властивості експоненти.....	6
Робота № 4. Перехідна функція теплового об'єкта регулювання як сума експонент.....	6
Робота № 5. Ідентифікація теплового об'єкта регулювання .....	6
Робота № 6. Оптимізація форсованого нагріву теплового об'єкта через інтеграл Дюамеля .....	7
Робота № 7. Проходження синусоїди через будь-який ЛПС об'єкт .....	7
Робота № 8. Властивості логарифмічної шкали .....	7
Робота № 9. Арифметика комплексних чисел .....	8
Робота № 10. Комплексна амплітуда синусоїдальних коливань .....	8
Робота № 11. Побудова частотних характеристик смугового підсилювача .	8
Робота № 12. Сигнали з лінійчастим частотним спектром.....	8
Робота № 13. Частотний спектр одиничного імпульсу.....	8
Робота № 14. Частотний спектр одиничного імпульсу із запізненням .....	9
Робота № 15. Пряме й зворотне перетворення Фур'є .....	9
Робота № 16. Частотний спектр експоненти .....	9
Робота № 17. Частотні характеристики теплового об'єкта .....	9
Робота № 18. Аперіодична ланка.....	9
Робота № 19. Ланка запізнення.....	10
Робота № 20. Інтегрування з використанням операційного зчислення .....	10
Робота № 21. Послідовна і паралельна моделі теплового об'єкта з елементарних ланок .....	10
Робота № 22. Під'йомний кран як об'єкт управління .....	11
Робота № 23. Оптимальне демпфування коливального об'єкта .....	11
Робота № 24. Синтез послідовної моделі теплового об'єкта з елементарних ланок .....	11
Робота № 25. Оптимізація форсованого нагріву теплового об'єкта через операційне зчислення.....	12

Робота № 26. Оптимальне керування підйомним краном .....	12
Робота № 27. Проходження двійкового сигналу через канал зв'язку з віддзеркаленнями .....	13
Робота № 28. Частотні характеристики операційного підсилювача, охопленого негативним зворотним зв'язком .....	13
Робота № 29. Інтерполятор нульового і першого порядку .....	13
Робота № 30. Частотний спектр амплітудно-модульованого двійкового сигналу.....	13
Робота № 31. Слідкуючий електропривод.....	14
Робота № 32. Проходження прямокутного імпульсу через смуговий підсилювач .....	14
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	15

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Дисципліна «Теорія автоматичного управління» (ТАУ) є теоретичною базою для розрахунків систем автоматичного регулювання на стадії проєктування. Основними є динамічні розрахунки, зокрема розрахунки стійкості і якості регулювання. ТАУ є однією з суттєвих частин теоретичної бази, якою потрібно оволодіти майбутньому спеціалісту з автоматизації технологічних процесів, щоб успішно брати участь у проєктуванні систем автоматики.

В результаті вивчення ТАУ студент повинен знати:

- а) основні теоретичні положення динаміки інерційних систем;
- б) особливості застосування теорії динамічних процесів у галузі автоматизації.

Студент повинен вміти:

- а) створювати динамічні моделі систем автоматичного регулювання з використанням апарату операційного зчислення;
- б) проводити аналіз динаміки регулювання і синтез регуляторів з використанням операційного зчислення і частотних методів.

Лабораторні роботи з курсу «Теорія автоматичного керування» виконуються на комп'ютерах в операційному середовищі математичного програмного продукту MathCAD. Для виконання робіт студент має доступ до пакету файлів-заготовок MathCAD (розширення .mcd), розроблених доцентом С.В. Іносовим, для вирішення задач ТАУ в часовій і частотній областях, на основі алгоритмів згортки, перетворення Фур'є і операційного зчислення. Пакет спеціально розроблявся з урахуванням вимог курсу, мова спілкування з комп'ютером відповідає мові підручників і конспекту лекцій, тому робота в MathCAD не вимагає спеціального освоєння. Достатньо короткого інструктажу перед заняттям. Кожний шаблон є готовим розрахунком, з якого штучно видалені деякі ключові оператори, і які студент повинен ввести самостійно. Наприклад, побудувати графік, ввести формулу, виконати інтегрування, застосувати алгоритм чисельного перетворення Фур'є тощо. Інструкція, чого саме не вистачає і що треба ввести, наведена безпосередньо в файлі. Завдання можуть видаватися як індивідуально, так і на бригаду студентів, залежно від кількості наявних комп'ютерів. Трудомісткість кожного завдання становить 25–30 хв. Звіт оформлюється і здається в кінці занять по 6 – 7 роботах, за вибором студента, але вибраний комплект робіт не повинен повторюватися у різних студентів.

### **Робота № 1. Інтегрування сигналу за допомогою згортки**

Файл-заготовка Convolve integral. Оригінал сигналу задається викладачем в табличній формі (по точках) як дійсна функція часу. Між точками мається на увазі лінійна інтерполяція. Проінтегрувати заданий сигнал, вирахувавши згортку (інтеграл Дюамеля) його з одиничним скачком. Інтеграл вирахувати чисельно. Побудувати графік результуючого сигналу.

### **Робота № 2. Розрахунок вагової функції теплового об'єкта регулювання за результатами експеримента**

Файли-заготовки Plant impulse response, Experiment imitator. Задана експериментальна перехідна функція теплового об'єкта (реакція на скачок) в табличній формі (по точках). Між точками прийняти лінійну інтерполяцію. Розрахувати вагову функцію об'єкта (реакцію на імпульс), продиференціювавши перехідну функцію по часу. Диференціювання виконати чисельними методами. Побудувати графіки перехідної і вагової функцій. Звернути увагу на неприпустимо велику похибку чисельного диференціювання.

### **Робота № 3. Властивості експоненти**

Файл-заготовка Exponent. Побудувати графік затухаючої експоненти із заданими викладачем сталою часу  $T$  і початковим значенням  $K$ . Вирахувати період напіврозпаду. Зробити вибірку чисельних значень експоненти з розрахованим періодом.

### **Робота № 4. Перехідна функція теплового об'єкта регулювання як сума експонент**

Файл-заготовка Plants exponents. Змоделювати перехідну функцію теплового об'єкта як формулу у вигляді суми двох експонент (з параметрами  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ) із запізненням ( $T_3$ ). Знайти вагову функцію об'єкта також у вигляді формули, продиференціювавши перехідну функцію по часу аналітично. Побудувати графіки обох функцій для заданих викладачем чисельних значень параметрів експонент.

### **Робота № 5. Ідентифікація теплового об'єкта регулювання**

Файли-заготовки Identification, Experiment imitator. Задана експериментальна перехідна функція теплового об'єкта (реакція на скачок)

в табличній формі (по точках). Визначити чисельні значення параметрів моделі теплового об'єкта ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ). Для цього використати процедуру мінімізації середньоквадратичної похибки між експериментальними і формульними значеннями перехідної функції. Побудувати графік формульної перехідної функції з нанесеними експериментальними точками.

### **Робота № 6. Оптимізація форсованого нагріву теплового об'єкта через інтеграл Дюамеля**

Файл-заготовка Plant forcing convolve. Вагова функція теплового об'єкта регулювання задана формулою у вигляді суми двох експонент із запізненням. Для прискорення перехідного процесу під час включення нагріву застосовується трикратне форсування потужності нагріву. Підібрати оптимальний час форсування  $\tau$  за умови мінімізації тривалості перехідного процесу. Розрахунок виконати як згортку (інтеграл Дюамеля) вагової функції з графіком потужності нагріву. Останній представити як суму двох скачків з амплітудами 3 і -2. Останній із запізненням на  $\tau$ . Інтеграл розрахувати чисельними методами. Побудувати графіки зростання температури за різних  $\tau$ .

### **Робота № 7. Проходження синусоїди через будь-який ЛІС об'єкт**

Файл-заготовка Wonderful sinusoid. Ілюструється унікальна властивість синусоїдального сигналу не змінювати свою форму і частоту під час проходження через будь-який Лінійний Інерційний Стаціонарний (ЛІС) об'єкт. Змінюються тільки амплітуда і фаза. Вагова функція об'єкта задається, наприклад, як трикутний імпульс в табличній формі. Проміжні значення отримуються лінійною інтерполяцією. Розрахунок виконати як згортку (інтеграл Дюамеля) вагової функції з синусоїдою заданої частоти і амплітуди. Побудувати графік вихідного сигналу. Варіюючи частоту синусоїди, знайти амплітудо-частотну характеристику об'єкта.

### **Робота № 8. Властивоті логарифмічної шкали**

Файл-заготовка Logarithmic scale. Ілюструються переваги логарифмічної шкали для побудови частотних характеристик:

- Великий динамічний діапазон.
- Графіки степеневих залежностей є прямими лініями.

Побудувати в логарифмічних координатах графіки функцій:

$$y = x; y = x^2; y = x^{-1}; y = 5 \cdot x^{-1}; y = x^{1/2}; y = x^{1.41}.$$

## **Робота № 9. Арифметика комплексних чисел**

Файл-заготовка Complex arithmetic. Для заданих викладачем комплексних чисел вирахувати модуль, аргумент, дійсну і уявну частини, відобразити їх на комплексній площині, виконати з ними арифметичні операції.

## **Робота № 10. Комплексна амплітуда синусоїдальних коливань**

Файл-заготовка Real & Imaginary. Представити графік синусоїди заданої амплітуди і фази як суму графіків синусоїдальної й косинусоїдальної складової. На комплексній площині відобразити відповідну комплексну амплітуду.

## **Робота № 11. Побудова частотних характеристик смугового підсилювача**

Файл-заготовка Bandpass amplifier. Для заданої (у вигляді дробово-раціональної формули) амплітудо-фазо-частотної характеристики (АФЧХ) смугового підсилювача побудувати графіки амплітудо-частотної характеристики в логарифмічних координатах (ЛАЧХ), фазо-частотної характеристики в напів-логарифмічних координатах (ЛФЧХ), амплітудо-фазової характеристики на комплексній площині (АФХ), дійсно-частотної і уявно-частотної характеристик (ДЧХ, УЧХ) в напів-логарифмічних координатах.

## **Робота № 12. Сигнали з лінійчастим частотним спектром**

Файл-заготовка Line spectrum. Побудувати графіки осцилограм і лінійчастих амплітудо-частотних спектрів заданих періодичних і квазіперіодичних сигналів. Використати алгоритм чисельного перетворення Фур'є для обчислення комплексних спектрів.

## **Робота № 13. Частотний спектр одиничного імпульсу**

Файл-заготовка Impulse spectrum. Побудувати графік амплітудо-частотного спектру імпульсу (наприклад, трикутної форми) одиничної амплітуди і одиничної площини. Використати алгоритм чисельного перетворення Фур'є для обчислення комплексного спектру. Те саме за зменшення тривалості імпульсу і збільшення його амплітуди в 10 і 100 разів. Зробити висновок про частотний спектр одиничного імпульсу, коли його тривалість прямує до нуля.

#### **Робота № 14. Частотний спектр одиничного імпульсу із запізненням**

Файл-заготовка Delayed impulse spectrum. Розрахувати комплексний амплітудо-фазо-частотний спектр короткого одиничного імпульсу (наприклад, трикутної форми), що діє із затримкою в часі. Використати алгоритм чисельного перетворення Фур'є. Побудувати графіки ЛАЧХ, ЛФЧХ, АФХ, ДЧХ, УЧХ. Порівняти їх з теоретичними для нескінченно короткого імпульсу із запізненням.

#### **Робота № 15. Пряме й зворотне перетворення Фур'є**

Файл-заготовка Direct & inverse Fourier. Для заданого в аналітичній формі сигналу (наприклад, затухаюча синусоїда) розрахувати комплексний частотний спектр в табличній формі (алгоритмом чисельного перетворення Фур'є). До результату застосувати алгоритм зворотного чисельного перетворення Фур'є. Побудувати графік результату (осцилограму) і порівняти її з графіком заданого сигналу. Побудувати також графік амплітудної складової частотного спектру в логарифмічних координатах.

#### **Робота № 16. Частотний спектр експоненти**

Файл-заготовка Exponent spectrum. В довідкове зображення (за Лапласом) експоненти (параметр затухання заданий) підставити  $j\omega$  замість  $p$ . Для отриманого комплексного частотного спектру побудувати графік амплітудної складової в логарифмічних координатах.

#### **Робота № 17. Частотні характеристики теплового об'єкта**

Файл-заготовка Plant Fourier. Вагова функція (реакція на імпульс) теплового об'єкта задана у вигляді формули як сума експонент із запізненням. Зробивши періодичну вибірку і застосувавши до неї чисельний алгоритм перетворення Фур'є, отримати амплітудо-фазо-частотну характеристику (АФЧХ) в табличній формі. Побудувати графіки логарифмічної амплітудо-частотної характеристики (ЛАЧХ), логарифмічної фазо-частотної характеристики (ЛФЧХ), амплітудо-фазової характеристики (АФХ), дійсної і уявної частотних характеристик (ДЧХ, УЧХ).

#### **Робота № 18. Аперіодична ланка**

Файл-заготовка Aperiodic block. Задана передаточна функція аперіодичної ланки. Підставивши  $j\omega$  замість  $p$ , отримати амплітудо-фазо-

частотну характеристику (АФЧХ). Побудувати графіки логарифмічної амплітудо-частотної характеристики (ЛАЧХ), логарифмічної фазо-частотної характеристики (ЛФЧХ), амплітудо-фазової характеристики (АФХ), дійсної і уявної частотних характеристик (ДЧХ, УЧХ). Зробивши періодичну вибірку і застосувавши до неї чисельний алгоритм зворотного перетворення Фур'є, отримати вагову функцію в чисельній формі. Проінтегрувавши результат в часовій області, отримати перехідну функцію в чисельній формі. Графіки вагової і перехідної функцій побудувати.

### **Робота № 19. Ланка запізнення**

Файл-заготовка Delay block. Задана передаточна функція ланки запізнення. Підставивши  $j\omega$  замість  $p$ , отримати амплітудо-фазо-частотну характеристику (АФЧХ). Побудувати графіки логарифмічної амплітудо-частотної характеристики (ЛАЧХ), логарифмічної фазо-частотної характеристики (ЛФЧХ), амплітудо-фазової характеристики (АФХ), дійсної і уявної частотних характеристик (ДЧХ, УЧХ). Зробивши періодичну вибірку і застосувавши до неї чисельний алгоритм зворотного перетворення Фур'є, отримати вагову функцію в чисельній формі. Проінтегрувавши результат в часовій області, отримати перехідну функцію в чисельній формі. Графіки вагової і перехідної функцій побудувати.

### **Робота № 20. Інтегрування з використанням операційного зчислення**

Файл-заготовка Integration Laplace. Проінтегрувати заданий ступінчастий графік швидкості з допомогою операційного зчислення. Для цього зображення (за Лапласом) заданого графіку (це буде сума зображень скачків з різними амплітудами і запізненнями) поділити на  $s$ , до результату застосувати зворотне перетворення Лапласа (все в аналітичній формі). Побудувати результуючий графік переміщення.

### **Робота № 21. Послідовна і паралельна моделі теплового об'єкта з елементарних ланок**

Файл-заготовка Equivalence Plant Laplace. Для стандартної моделі теплового об'єкта (послідовне з'єднання підсилювальної ланки, ланки запізнення і двох аперіодичних ланок) із заданими чисельними параметрами за допомогою операційного зчислення розрахувати перехідну функцію (реакцію на одиничний скачок). Для цього зображення (за Лапласом) одиничного скачка помножити на передаточну функцію

об'єкта, до результату застосувати зворотне перетворення Лапласа (все в аналітичній формі). Побудувати графік перехідної функції. Все повторити для еквівалентної паралельної моделі об'єкта. Впевнитись в ідентичності результатів.

### **Робота № 22. Під'йомний кран як об'єкт управління**

Файл-заготовка Crane. Для заданого диференційного рівняння кранової підвіски як об'єкта управління через теорему диференціювання знайти передаточну функцію, що зв'язує переміщення кранового візка (керуючий вплив) з переміщенням вантажу (регульована величина). Підставивши  $j\omega$  замість  $p$ , отримати амплітудо-фазо-частотну характеристику (АФЧХ). Побудувати графіки логарифмічної амплітудо-частотної характеристики (ЛАЧХ), логарифмічної фазо-частотної характеристики (ЛФЧХ). Зробивши періодичну вибірку і застосувавши до неї чисельний алгоритм зворотного перетворення Фур'є, отримати вагову функцію в чисельній формі. Графік вагової функції побудувати.

### **Робота № 23. Оптимальне демпфування коливального об'єкта**

Файл-заготовка Optimal scales. Задана передаточна функція коливальної ланки (наприклад, стрілочний вимірювальний прилад). Підставивши  $j\omega$  замість  $p$ , отримати амплітудо-фазо-частотну характеристику (АФЧХ). Побудувати графік логарифмічної амплітудо-частотної характеристики (ЛАЧХ). Зробивши періодичну вибірку і застосувавши до неї чисельний алгоритм зворотного перетворення Фур'є, отримати вагову функцію в чисельній формі. Проінтегрувавши вагову функцію в часі, отримати перехідну функцію. Графіки вагової і перехідної функцій побудувати. Підібрати коефіцієнт демпфування так, щоб тривалість перехідного процесу (час вимірювання) була мінімальною.

### **Робота № 24. Синтез послідовної моделі теплового об'єкта з елементарних ланок**

Файл-заготовка Plant Laplace. Синтезується типова модель теплового об'єкта регулювання (послідовне з'єднання підсилювальної ланки, двох аперіодичних ланок і ланки запізнення). Модель поступово ускладнюється від однієї до чотирьох ланок. На кожному етапі розрахувати перехідну функцію об'єкта (реакція на одиничний скачок) методами операційного зчислення. Для цього зображення (за Лапласом) одиничного скачка

помножити на передаточну функцію об'єкта, до результату застосувати зворотне перетворення Лапласа (все в аналітичній формі), графік перехідної функції побудувати. Звернути увагу, як перехідна функція поступово наближається до реальності залежно від ускладнення моделі.

### **Робота № 25. Оптимізація форсованого нагріву теплового об'єкта через операційне зчислення**

Файл-заготовка Plant forcing Laplace. Задана типова модель теплового об'єкта регулювання (послідовне з'єднання підсилювальної ланки, двох аперіодичних ланок і ланки запізнення. Числові параметри задані). Для прискорення перехідного процесу під час включення нагріву застосовується трикратне форсування потужності нагріву. Підібрати оптимальний час форсування  $\tau$  з умови мінімізації тривалості процесу нагріву. Розрахунок виконати методами операційного зчислення. Графік потужності нагріву представити як суму двох скачків з амплітудами 3 і -2. Останній із запізненням на  $\tau$ . Відповідне зображення (за Лапласом) помножити на передаточну функцію об'єкта, до результату застосувати зворотне перетворення Лапласа (все в аналітичній формі), графік зростання температури побудувати.

### **Робота № 26. Оптимальне керування підйомним краном**

Файл-заготовка Crane optimal Laplace. Для заданого диференційного рівняння кранової підвіски як об'єкта управління через теорему диференціювання знайти передаточну функцію, що зв'язує швидкість руху кранового візка (керуючий вплив) зі швидкістю переміщення вантажу (регульована величина). Застосовується запуск привода кранового візка в режимі включення – виключення – остаточне включення. Розрахувати графік швидкості руху вантажу. Розрахунок виконати методами операційного зчислення. Графік швидкості кранового візка представити як суму трьох скачків з амплітудами 1, -1, 1 (м/с). Останні два із запізненням на  $\tau$  і  $2\tau$ . Відповідне зображення (за Лапласом) помножити на передаточну функцію об'єкта, до результату застосувати зворотне перетворення Лапласа (все в аналітичній формі). Підібрати оптимальний час затримки  $\tau$  так, щоб уникнути коливань вантажу (підказка:  $\tau = 1/6$  періоду коливань). Графік швидкості вантажу побудувати.

### **Робота № 27. Проходження двійкового сигналу через канал зв'язку з віддзеркаленнями**

Файл-заготовка Channel Laplace. Задана передаточна функція каналу зв'язку з віддзеркаленням. На вхід подається двійковий сигнал (наприклад, точка – тире в коді Морзе). Розрахувати реакцію на виході. Розрахунок виконати методами операційного зчислення. Зображення (за Лапласом) вхідного сигналу помножити на передаточну функцію каналу, до результату застосувати зворотне перетворення Лапласа (все в аналітичній формі). Побудувати графік результату.

### **Робота № 28. Частотні характеристики операційного підсилювача, охопленого негативним зворотним зв'язком**

Файл-заготовка Operational amplifier. Задана передаточна функція операційного підсилювача (ОП) у вигляді  $K_0/(T \cdot p + 1)$ , де  $K_0 = 20000$ ,  $T = 0,01$  с. Підставивши  $J \cdot \omega$  замість  $p$ , отримаємо амплітудо-фазо-частотну характеристику (АФЧХ) в аналітичній формі. Вирахувавши модуль від неї, отримаємо амплітудо-частотну характеристику (АЧХ). Побудувати графік останньої в логарифмічних координатах (ЛАЧХ). Те ж саме зробити для випадку, коли ОП охоплено негативним зворотним зв'язком з коефіцієнтом  $K_1 = 0,1$ . Відповідну передаточну функцію розрахувати через формули еквівалентних перетворень структурних схем.

### **Робота № 29. Інтерполятор нульового і першого порядку**

Файл-заготовка Interpolator Laplace. Задано графік імпульсного сигналу  $x(t)$ , що його треба інтерполювати. Зображення (за Лапласом) заданого графіка (це буде сума зображень імпульсів з різними амплітудами і запізненнями) помножити на передаточну функцію інтерполятора нульового (як варіант, першого) порядку, до результату застосувати зворотне перетворення Лапласа (все в аналітичній формі). Побудувати результуючий графік інтерпольованого сигналу.

### **Робота № 30. Частотний спектр амплітудно-модульованого двійкового сигналу**

Файл-заготовка Modulated signal spectrum. Задано графік двійкового сигналу  $x(t)$ . Створити модульований сигнал  $x_1(t)$ , помноживши попередній сигнал на синусоїду. Вирахувати і побудувати чисельними методами графіки амплітудно-частотних спектрів обох сигналів і

порівняти їх. Звернути увагу, що амплітудна модуляція транспонує частотний спектр сигналу в область високих частот.

### **Робота № 31. Слідкуючий електропривод**

Файл-заготовка Follow-up motor Laplace. Задано передаточну функцію слідкуючого електроприводу з урахуванням електромеханічної інерційності електродвигуна. Знайти зображення і оригінал перехідної функції системи автоматичного регулювання з пропорційним регулятором переміщення. Розрахунок виконати методами операційного зчислення (алгебраїчні перетворення передаточних функцій, формули еквівалентних перетворень структурних схем, алгоритм зворотного перетворення Лапласа) в аналітичній формі. Знайти оптимальну настройку регулятора за критерієм мінімуму часу регулювання за умови повної відсутності перерегулювання.

### **Робота № 32. Проходження прямокутного імпульсу через смуговий підсилювач**

Файл-заготовка Bandpass amplifier response. Задана передаточна функція двокаскадного смугового підсилювача  $W(p)$  (у вигляді дробово-раціональної формули). Частотна смуга пропускання від 0,01 до 1. Вхідний сигнал – прямокутний імпульс, тривалістю  $\tau = 20$ . Розрахувати зображення (за Лапласом) реакції на виході підсилювача  $Y(p)$ ,

помноживши зображення входу  $X(p) = \frac{1-e^{-p\tau}}{p}$  на передаточну функцію  $W(p)$ . Підставивши  $j\omega$  замість  $p$  в  $Y(p)$ , отримати комплексний частотний спектр реакції  $Y(j\omega)$ . Зробивши періодичну вибірку і застосувавши до неї чисельний алгоритм зворотного перетворення Фур'є, отримати оригінал реакції на виході  $y(t)$  як функцію часу  $t$  в табличній формі. Побудувати графік реакції  $y(t)$ . Звернути увагу, що статичний коефіцієнт передачі смугового підсилювача дорівнює нулю.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ладанюк А.П.* Методи сучасної теорії управління / А.П. Ладанюк, Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько та ін. – Київ : Ліра, 2018. – 214 с.
2. *Попович М.Г.* Теорія автоматичного керування / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. – Київ : Либідь, 1997. – 649 с.
3. *Ладанюк А.П.* Теорія автоматичного керування (частина I) : конспект лекцій / А.П. Ладанюк, К.С. Архангельська. – Київ : НУХТ, 2007. – 102 с.
4. *Ладанюк А.П.* Теорія автоматичного керування (частина II) : конспект лекцій / А.П. Ладанюк. – Київ : НУХТ, 2006 – 169 с.
5. *Худолей Г.М.* Теорія автоматичного управління : конспект лекцій / Г.М. Худолей. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 87 с.
6. *Абраменко І.Г.* Теорія автоматичного управління : конспект лекцій / І.Г. Абраменко, Д.І. Абраменко. – Харків : ХНАМБ, 2008. – 178 с.
7. *Иносов С.В.* Оптимизация алгоритма автоматического регулирования тепловыми процессами // Управление развитием сложных систем, №13 / С.В. Иносов, В.М. Корниенко. – Київ : КНУБА, 2013. – С. 104–108.

Навчально-методичне видання

# ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Методичні вказівки

до виконання лабораторних і практичних занять  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
за спеціальностями – 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані  
технології та робототехніка» та 141 «Електротехніка,  
енергетика та електромеханіка»

Укладачі: **Іносов Сергій Вікторович,**  
**Соболевська Тетяна Георгіївна**

Комп'ютерне верстання *Т.І. Кукарєвої*

Підписано до друку 4.09.2024. Формат 60 × 84<sub>1/16</sub>

Ум. друк. арк. 0,93. Обл.-вид. арк 1,0.

Електронний документ. Вид. № 88/3–24.

Видавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури

Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.