

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Контрольні роботи

для студентів спеціальності

«Автоматизоване управління технологічними процесами»

Рекомендовано Вченою радою інженерно-хімічного факультету

Київ
НТУУ «КПІ»
2014

Проектування систем управління. Контрольні роботи для студентів спеціальності «Автоматизоване управління технологічними процесами». Уклад. Кваско М. З., Жураковський Я. Ю. – К., НТУУ «КПІ», 2014. –19 с.

*Гриф надано Вченою радою ІХФ
(Протокол № 9 від 27 жовтня 2014 р.)*

Навчальне видання

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Контрольні роботи для студентів спеціальності
«Автоматизоване управління технологічними процесами»

Укладачі: Кваско Михайло Зиновійович, канд. техн. наук, проф.
Жураковський Ярослав Юрійович

Відповідальний
редактор А.І. Жученко, докт. техн. наук, проф.

Рецензент Л.Р. Ладієва, канд. техн. наук, доц.

Авторська редакція

ЗМІСТ

Контрольні завдання	5
Список рекомендованої літератури	8
Приклад виконання контрольної роботи	12

ВСТУП

Курс «Проектування систем управління» є одним із основних при підготовці бакалаврів, спеціалістів і магістрів напрямку 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології по спеціальності 7.050202, 8.050202 «Автоматизоване управління технологічними процесами».

Розвиток і широке впровадження в промисловість автоматизації гостро порушує питання про узагальнення методів і форм проектування з використанням аналітичних методів розрахунку при створенні і експлуатації систем управління. Питанням проектування нового повинні займатися інженери.

Звичайно всяке проектування починається тоді, коли не задовольняються старі рішення, або ж, якщо вони просто відсутні.

Проектування, розрахунок і розробка, це перший етап створення нового. Потім ідуть найбільш відповідальні етапи: проектування, аналіз, розробка технологічного процесу і системи управління процесом.

Контрольні питання для студентів дають можливість досягнути проектування і управління технологічним процесом на першому етапі. Розрахунок систем управління створює передумови виконання проектної документації і її реалізації на практиці.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Контрольна №1

Етапи розробки і впровадження автоматика.

Контрольна №2

Основні терміни і означення (кібернетика, автоматика, управління, сигнал і ін.).

Контрольна №3

Автоматичні системи керування. Класифікація. Етапи розробки і впровадження автоматичних систем.

Контрольна №4

Критерії якості систем керування.

Контрольна №5

Пропорційний закон керування. Його характеристика і застосування.

Контрольна №6

Інтегральний закон керування. Його характеристика і застосування.

Контрольна №7

Пропорційно-інтегральний закон керування. Його характеристика і застосування.

Контрольна №8

Пропорційно-інтегрально-диференційний закон керування. Його характеристика і застосування.

Контрольна №9

Пропорційно-диференційний закон керування. Його характеристика і застосування.

Контрольна №10

Статична точність АСР з П-регулятором. Вивести рівняння.

Контрольна №11

Статична точність АСР з І-регулятором. Об'єкт - аперіодична ланка 1-го порядку.

Контрольна №12

Статична точність АСР з ПІ-регулятором. Об'єкт – аперіодична ланка 1-го порядку.

Контрольна №13

Дослідження систем 1-го порядку.

Контрольна №14

Дослідження систем 2-го порядку.

Контрольна №15

Дослідження систем 3-го порядку.

Контрольна №16

Частотні методи розрахунку. Загальна методика.

Контрольна №17

Розрахунок систем на заданий показник коливності.

Контрольна №18

Розрахунок систем з I-регулятором на заданий показник коливності.

Контрольна №19

Розрахунок систем з II-регулятором на заданий показник коливності.

Контрольна №20

Розрахунок систем з III-регулятором на заданий показник коливності.

Контрольна №21

Умови оптимального настроювання систем керування.

Контрольна №22

Розрахунок багатоконтурних систем керування.

Контрольна №23

Розрахунок системи регулювання з введенням похідної від проміжної величини.

Контрольна №24

Розрахунок двоконтурної системи керування випарної установки.

Контрольна №25

Розрахунок систем з компенсацією збурень.

Контрольна №26

Розрахунок комбінованих систем керування.

Контрольна №27

Розрахунок АСК з одним перехресним зв'язком.

Контрольна №28

Розрахунок АСК з двома перехресними зв'язками.

Контрольна №29

Спрощені методи розрахунку АСК апроксимації статичних і астатичних характеристик.

Контрольна №30

Спрощений метод розрахунку АСК статичної системи з П-регулятором.

Контрольна №31

Спрощений метод розрахунку АСК статичної системи з ПІ-регулятором.

Контрольна №32

Розрахунок АСК при апроксимації динамічних характеристик «похилою функцією».

Контрольна №33

Апроксимація динамічних властивостей об'єктів без самовирівнювання для використання їх в спрощених розрахунках одноконтурних АСР

Контрольна №34

Апроксимація динамічних властивостей об'єктів з самовирівнюванням для використання їх в спрощених розрахунках одноконтурних АСР.

Контрольна №35

Спрощений розрахунок налаштування І-регулятора на об'єкті з самовирівнюванням.

Контрольна №36

Спрощений розрахунок налаштування ІІ-регулятора на об'єкті без самовирівнювання.

Контрольна №37

Спрощений розрахунок налаштування ІІІ-регулятора на об'єкті з самовирівнюванням.

Контрольна №38

Спрощений розрахунок налаштування ІІІІ-регулятора на об'єкті без самовирівнювання.

Контрольна №39

Спрощений розрахунок налаштування ПІ-регулятора на об'єкті з самовирівнюванням.

Контрольна №40

Апроксимація динамічних властивостей з похилою функцією і її використання для розрахунку АСР.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бесекерский В. А. Системы автоматического управления с микро-ЭВМ. / В. А. Бесекерский, В. В. Израинцев – М.: Наука. Главн. ред. физ.- мат. лит., 1987. – 320 с..
2. Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов— М.: Наука, Главн. ред. физ.-мат. лит., 1972. – 768с.
3. Беспалов А. В. Системы управления химико-технологическими процессами : учебник для вузов [Текст]/ А. В. Беспалов, Н. И. Харитонов. — М. : Академкнига, 2007. – 690 с.
4. Жученко А. І. Теорія автоматичного керування. Терміни, поняття, визначення: Довідник для студ. напряму «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» [Текст]/ А. І. Жученко, Т. В. Аверіна. – К.: НТУУ «КПІ», 2006. – 52 с.
5. Забашта Ю. П. Микропроцессорные системы управления. / Ю. П. Забашта, Б. Б. Самошкин – К.: УМК ВО, 1989. – 83 с.
6. Иващенко Н. Н. Автоматическое регулирование / Н. Н. Иващенко. – М.: Машиностроение, 1978.–735с.
7. Кваско М. З. Проектування і дослідження дискретних систем автоматичного керування технологічними процесами [Текст]: навч. посіб. // М. З. Кваско, М. С. Піргач, Т. В. Аверіна. – К.: ІВЦ «Видавництво "Політехніка"», 2003. –360с. – ISBN 966-622-116-0.
8. Кваско М. З. Проектування і розрахунок дискретних автоматичних систем керування технологічними процесами [Текст]: навч. посіб. / М. З. Кваско, М. С. Піргач, Т. А. Аверіна – К.: НМЦ ВО, 2000. –248с. – Бібліогр.: с. 240-243.-200 пр. – ISBN 966-622-001-6

9. Кваско М.З. Математичне моделювання та ідентифікація одно- та багатовимірних систем [Текст]: навч. посіб. / М.З. Кваско, Л.Р. Ладієва, М.С. Пиргач. – К.: НТУУ «КПІ», 2006. – 368с. Бібліогр.: с. 277-278. - 200 пр. – ISBN 966-622-211-6.
10. Кваско М.З. Проектирование и расчет цифровых систем управления/ М. З. Кваско. – К.: УМК ВО, 1991. –220с.
11. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления: Пер. с англ. / Б. Куо – М.: Машиностроение, 1986.—448с.
12. Микропроцессорные системы автоматического управления/ Под ред. В.А. Бесекерского. – М.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988.— 365с.
13. Пиргач Н.С. Автоматическое регулирование и регуляторы в целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей и лесохимической промышленности // Н.С. Пиргач, В.С. Пиргач – М.: Лесная промышленность, 1983. –262 с.
14. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления / Под ред. В.А. Бесекерского. — М.: Наука, 1978.-512с.
15. Топчеев Ю.И. Задачник по теории автоматического регулирования./ Ю. И. Топчеев, А. П. Цыпляков – М.: Машиностроение, 1977. – 592с.
16. Ту Ю.Т. Цифровые и импульсные системы автоматического управления / Ю. Т. Ту. – М.: Машиностроение, 1964. – 704с.

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Критерії якості систем керування

При проектуванні систем автоматичного керування, крім забезпечення стійкості, доводиться вирішувати проблеми забезпечення потрібних показників якості перехідного процесу (швидкодії, коливальності, перегулювання, плавності та інших) і точності в усталеному стані.

Будемо, як і в попередніх розділах, вважати, що САК описується системою лінійних диференціальних рівнянь з постійними коефіцієнтами. При зміні вхідної дії $g(t)$ системи (рис. 1) вихідну координату $y(t)$ можна записати так:

$$y(t) = y_{\text{в.с.}}(t) + y_{\text{вим.}}(t), \quad (1)$$

де $y(t)$ — розв'язок диференціального рівняння, що описує систему; $y_{\text{в.с.}}(t)$ — вільна складова перехідного процесу, що відповідає загальному розв'язку однорідного диференціального рівняння; $y_{\text{вим.}}(t)$ — вимушена складова, що відповідає частинному розв'язку диференціального рівняння при заданому вигляді правої частини (вигляді вхідної дії $g(t)$).

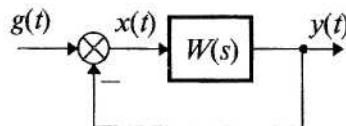


Рис. 1. Структурна схема системи

З (1) видно, що якість перехідного процесу можна оцінити за його складовими $y_{\text{в.с.}}(t)$ та $y_{\text{вим.}}(t)$.

Тому розрізняють дві групи показників якості: перша група - показники якості перехідного процесу $y_{\text{в.с.}}(t)$; друга - показники, що характеризують вимушену (усталену) складову $y_{\text{вим.}}(t)$, за якою визначають точність системи.

Показники якості, що визначаються безпосередньо за кривою перехідного процесу, називають прямими оцінками якості. Крива перехідного процесу може бути одержана теоретично або експериментально. У тих випадках, коли побудова кривої перехідного процесу пов'язана з великими труднощами, використовують непрямі оцінки якості. Наприклад, до непрямих показників якості можна віднести запаси стійкості системи по фазі та амплітуді.

Оцінка якості за кривою перехідного процесу при типових вхідних діях

Перехідна та вагова функції системи

Оцінку якості перехідного процесу в системі та її швидкодії можна провести за кривою перехідного процесу при наступних типових вхідних діях: одинична ступінчаста функція $1(t)$, одинична імпульсна функція $\delta(t)$.

Аналітично одиничну ступінчасту дію можна описати наступною функцією:

$$g(t) = 1(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } t \geq 0, \\ 0 & \text{при } t < 0. \end{cases}$$

Перехідною функцією системи (ланки) називають функцію $h(t)$, що описує зміну вихідної координати системи (ланки), коли на її вхід при нульових початкових умовах подається одинична ступінчаста дія.

Графік перехідної функції $h(t)$ від часу t називають перехідною або розгінною характеристикою.

Ця характеристика для вихідної координати $y(t)$ побудована на рис. 2,а, а для відхилення $y_v(t) = h_{уст} - h(t)$ - на рис. 2,б.

До прямих оцінок якості належать:

1. Перерегулювання σ , % — відносне максимальне відхилення перехідної характеристики від усталеного значення вихідної координати, виражене у відсотках:

$$\sigma = \frac{h_{\max 1} - h_{уст}}{h_{уст}} \cdot 100 \%,$$

де $h_{\max 1}$ - значення першого максимуму; $h_{уст}$ - усталене значення вихідної координати;

або

$$\sigma = \frac{|x_B(t)|_{\max 1}}{h_{уст}} \cdot 100 \%,$$

Де $|x_B(t)|_{\max 1}$ - абсолютне значення першого максимуму похибки (відхилення).

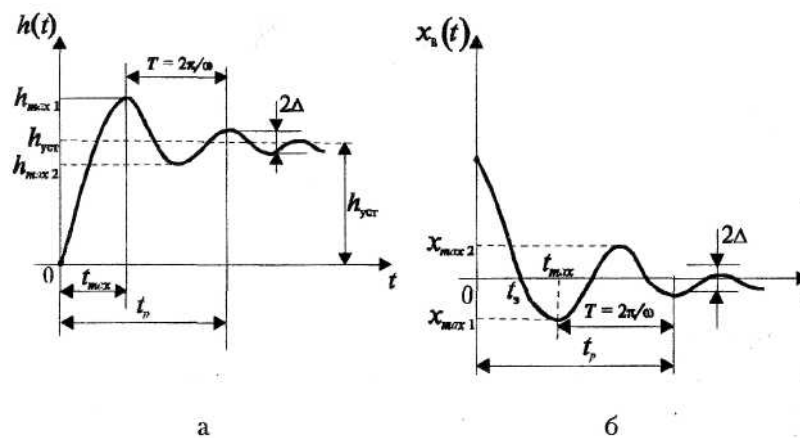


Рис. 2. Перехідний процес в системі при вхідній одиничній ступінчастій дії:

а — для вихідної координати; б — для відхилення

Допустиме значення перерегулювання в кожному конкретному випадку визначається умовами експлуатації системи, звичайно $\sigma = 10...30$ %, але іноді перерегулювання недопустиме зовсім, а іноді допускається і до 70 %.

2. Час регулювання t_p - мінімальний час, після сплину якого регульована координата $y(t)$ буде залишатися близькою до усталеного значення із заданою точністю

$$|h(t) - h_{уст}| \leq \Delta$$

або

$$|x_b(t)| \leq \Delta \quad \text{при} \quad t \geq t_p,$$

3. Частота коливань $w = 2\pi/T$, де T - період коливань для коливальних перехідних характеристик.

4. Число коливань n , яке має перехідна характеристика $h(t)$ або $x_b(t)$ за час регулювання t_p . Частіш за все допускається $n = 1...2$, іноді $n = 3...4$, але в деяких випадках коливання у системі недопустимі.

5. Час досягнення першого максимуму $t_{\text{тах}}$.

6. Час зростання перехідного процесу t_3 — абсциса першої точки перетину кривої перехідної характеристики $h(t)$ з рівнем усталеного значення $h_{уст}$ або кривої відхилення $x_b(t)$ з віссю абсцис.

7. Декремент згасання α , що дорівнює відношенню модулів двох суміжних перерегулювань:

$$\alpha = \frac{|h_{\text{max}1} - h_{уст}|}{|h_{\text{max}2} - h_{уст}|}.$$

Перехідні процеси, що виникають в системах при стрибкоподібних вхідних діях, бувають трьох типів: монотонні, аперіодичні та коливальні. В монотонних процесах перша похідна вихідної координати $y(t)$ не змінює знак (крива 1 на рис. 3), у аперіодичних – знак похідної $y(t)$ змінюється не більше одного разу (крива 2 на рис. 3), а у коливальних – знак першої похідної $y(t)$ змінюється періодично (теоретично нескінченну кількість разів), крива 3 на рис. 3.

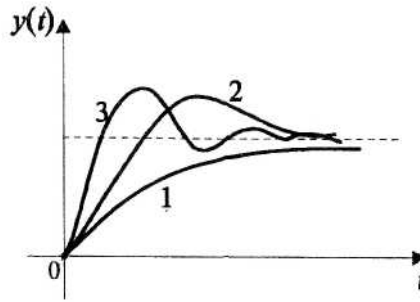


Рис. 3. Перехідні процеси

Імпульсною перехідною або ваговою функцією (функцією ваги) системи (ланки) називають функцію, що описує реакцію системи (ланки) на одиничну імпульсну дію при нульових початкових умовах; позначають цю функцію $w(t)$. Графік імпульсної перехідної функції називають імпульсною перехідною характеристикою.

Перехідну та імпульсну характеристики називають часовими характеристиками системи (ланки).

Степінь стійкості та коливальність системи

Серед кореневих показників якості найбільш простим та поширеним є так званий степінь стійкості, введений в практику теорії автоматичного керування Я.З. Ципкіним та П.В. Бромбергом.

Степенем стійкості n називається відстань на площині коренів характеристичного рівняння від уявної осі до найближчого до неї кореня.

Степінь стійкості одержав назву аперіодичного, якщо найближчий до уявної осі корінь дійсний (рис. 4,а). Складова загального розв'язку диференціального рівняння системи, що залежить від цього кореня, має вигляд

$$x_{\eta}(t) = C_{\eta} e^{-\eta t}.$$

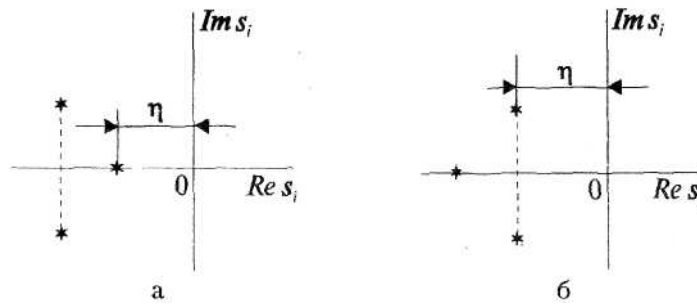


Рис. 4. До визначення стійкості:

а – аперіодичний степінь стійкості; б – коливальний степінь стійкості

Степінь стійкості називається коливальним, якщо до уявної осі найбільш близько розташована пара комплексно-спряжених коренів (рис. 4,б).

Складова загального розв'язку диференціального рівняння системи, що залежить від цієї пари коренів, має вигляд:

$$x_{\eta}(t) = C_{\eta} e^{-\eta t} \sin \beta t.$$

У більшості випадків перехідний процес можна вважати закінченим, коли стухне із заданим ступенем точності складова перехідного процесу, яка визначається ступенем стійкості, тобто порядок величини часу стухання процесу (часу регулювання) можна грубо оцінити за найбільш повільно стухаючою складовою $x_{\eta}(t)$. Час перебігу перехідного процесу можна оцінити за формулою:

$$t_p \approx t_{\eta} = \frac{1}{\eta} \ln \left(\frac{C_{\eta}}{\Delta} \right).$$

Якщо прийняти, наприклад, $\Delta = 0,05$ (5% від усталеного значення $x_{\eta}(t)$), формула для обчислення t_p зводиться до вигляду:

$$t_p = \frac{3 + \ln C_{\eta}}{\eta}.$$

Коливальністю системи μ називається тангенс кута, утвореного від'ємною напіввіссю та променем з початку координат до кореня, у якого відношення уявної частини до дійсної максимальне:

$$\mu = \operatorname{tg} \varphi = \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)_{\max},$$

де a та b - значення дійсної та уявної частин коренів характеристичного рівняння системи відповідно.

При завданні припустимих значень ступеня стійкості та коливальності область розташування коренів характеристичного рівняння замкнутої системи повинна обмежуватись кутом 2φ та прямою, паралельною уявній осі та віддаленою від неї на відстань η (рис. 5).

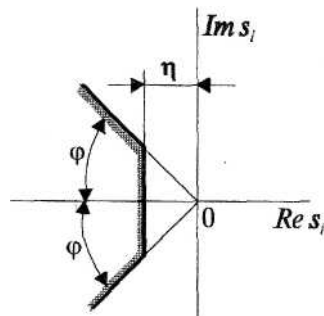


Рис. 5. Допустима область розташування коренів

Коливальність пов'язана з іншим кореневим показником якості, так званим стуханням.