

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**
ІНСТИТУТ АЕРОКОСМІЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НАУ

Аблесімов О.К.

СУЧАСНА ТЕОРІЯ КЕРУВАННЯ
Методичні вказівки до лабораторних робіт
для студентів спеціальності 05020202
„Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і
виробництва“

Частина II

Київ 2013

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**
ІНСТИТУТ АЕРОКОСМІЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НАУ

Аблесімов О.К.

СУЧАСНА ТЕОРІЯ КЕРУВАННЯ
Методичні вказівки до лабораторних робіт
для студентів спеціальності 05020202
„Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і
виробництва“

Частина II

Київ 2013

УДК 681.5.011 (076.5)

ББК з965-01я7

Т 338

Укладач: *О.К. Аблесімов*

Рецензент дтн професор Є.Є. Александров

Затверджено науково-методично-редакційною радою Інституту Аерокосмічних Систем Управління НАУ (протокол №18 від 11 вересня 2012р.).

Сучасна теорія керування: Методичні вказівки до Т338 лабораторних робіт Частина II. / Уклад.: О.К. Аблесімов - К.: "Принт центр" КПІ, 2013. – 26 с.

Методичні вказівки до лабораторних робіт складені відповідно до програми дисципліни „Сучасна теорія керування” напряму 050202 „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології” спеціальності 05020202 „Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва“

ВСТУП

Сучасна теорія керування нерозривно пов'язана з дослідженням оптимальних, адаптивних та робастних систем.

Завдання оптимального керування формулюється як завдання визначення такого припустимого вектора входу й відповідної траєкторії вектора станів, які в сукупності при перекладі системи з її початкового стану в кінцеве, забезпечать мінімум (максимум) критерію оптимальності.

Критеріями оптимального керування можуть служити: оптимальна швидкодія, оптимальна витрата енергії, оптимальна якість перехідного процесу й ін. Вибір того або іншого критерію визначається конкретним завданням, поставленої перед дослідниками.

Найбільш прийнятними для рішення завдання оптимального керування представляються метод динамічного програмування й принцип максимуму.

Адаптивними прийнято називати системи автоматичного керування, здатні пристосовуватися до зміни зовнішніх умов і властивостей об'єкта керування шляхом зміни структури й параметрів регулятора, з метою забезпечення необхідної якості керування.

Виходячи із завдання адаптації розрізняють системи зі стабілізацією якості керування й системи з оптимізацією якості керування.

Завдання систем зі стабілізацією якості керування полягають у підтримці необхідного рівня якості САК відповідно до обраного критерію. Завдання систем з оптимізацією якості керування більше складна й полягають у пошуку й наступній підтримці оптимального рівня якості системи відповідно до обраного критерію.

При роботі САК параметри об'єкта керування й системи в цілому можуть мінятися по різних причинах у досить широких межах. Крім того, не завжди є достовірна інформація про структуру об'єкта керування. У подібних випадках говорять про наявність параметричної й непараметричної невизначеностей при проектуванні САК.

Невизначеності породжують у свою чергу невизначеність математичних моделей, що в остаточному підсумку може привести не тільки до істотних змін у показниках якості процесу керування, але й втраті системою стійкості. Виникає необхідність побудови таких систем з постійними параметрами, які змогли б зберегти стійкість і якість в умовах невизначеності.

Властивість системи зберігати якість функціонування в межах пропонованих вимог при малій зміні її параметрів або структури називається робастністю, а системи, що володіють властивістю робастності називаються робастними (грубими) системами.

Для проектування робастних систем керування використовуються різні методи синтезу. Завдання робастного синтезу складаються в пошуку закону керування, що зберігав би вихідні змінні системи й сигнали помилки в заданих припустимих межах, незважаючи на наявність невизначеностей в об'єкті керування. Кінцевою метою синтезу є синтез робастного регулятора.

Метою лабораторних робіт є закріплення студентами основних положень сучасної теорії з аналізу та синтезу оптимальних, адаптивних та робастних систем керування, прищеплювання ним навичок підготовки і проведення експериментальних досліджень, обробки результатів експерименту і їхнього аналізу.

Цикл робіт відповідає навчальній програмі дисципліни „Сучасна теорія керування” і призначений для студентів, які навчаються за напрямом 050202 „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології” по спеціальності 05020202 „Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва“.

Лабораторна робота №1

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНИХ СЛІДКУЮЧИХ СИСТЕМ

1 Мета

У ході виконання лабораторної роботи освоюються методи й особливості синтезу оптимальних слідкуючих систем при детермінованих вхідних сигналах.

2 Рекомендації щодо підготовки до заняття

Повторити наступні теоретичні питання дисципліни:

- оптимальне керування;
- критерії оптимальності;
- динамічне програмування;
- принцип максимуму.

3 Завдання до виконання досліджень

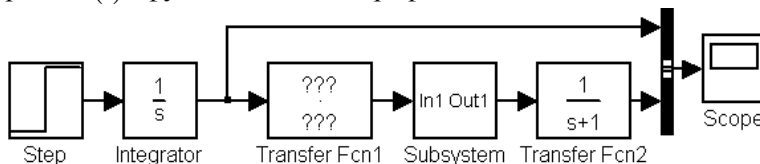
3.1 Моделювати системи слідкування.

3.2 Синтезувати оптимальні регулятори розімкнутої та замкнутої систем слідкування.

4 Порядок і методика виконання лабораторної роботи

4.1 Синтез оптимального регулятора розімкнутої системи

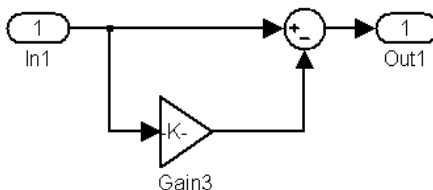
- Запустити систему **Simulink** із програми **MATLAB**.
- Відкрити нове вікно моделі.
- З бібліотек **Simulink** у вікно моделі з ім'ям `untitled` послідовно перемістити зображення необхідних блоків та побудувати модель розімкнутої системи спільно з моделями джерела $k(t)$ - функції й осцилографа:



Тут **Transfer Fcn1** - модель регулятора з передаточною функцією в

загальному виді $W_{\text{пер}}(s) = \frac{k}{T_S + 1}$; **Transfer Fcn2** - модель об'єкта

керування з передаточною функцією $W_{ок}(s) = \frac{1}{s+1}$; **Subsystem** - модель відхилення фактичного сигналу керування об'єктом від еталонного:



- Установити в **Subsystem** нульове значення відхилення сигналу керування $k = 0$.

- Розрахувати еквівалентну передаточну функцію розімкнutoї системи $W(s) = W_{пер}(s)W_{ок}(s)$.

- Покласти у $W(s) = \frac{B(s)}{A(s)}$ всі похідні крім перших рівними нулю й знайти коефіцієнти a_1, a_0, b_1, b_0 багаточленів $A(s)$ і $B(s)$ через параметри регулятора.

- Визначити параметри оптимального регулятора, виходячи з мінімуму помилки слідкування

$$\theta_{opt} = \frac{a_1 - b_1}{a_0} \Omega;$$

$$\Omega = k(t) = 1,$$

беручи до уваги, що для слідкуючих систем $a_0 = b_0$.

- Увести параметри регулятора в **Transfer Fcn1** моделі у вікні `untitled`.

- Запустити процес моделювання.

- Зафіксувати отриманий результат, використовуючи операцію

Print Screen пульту управління комп'ютером.

- Оцінити помилку слідкування системи.

- Досліджувати вплив постійної часу регулятора на помилку слідкування системи, змінюючи T від 0 до 0,5с із інтервалом 0,1с.

- Установити в **Subsystem** значення відхилення сигналу керування від еталонного $k = 0,09$.

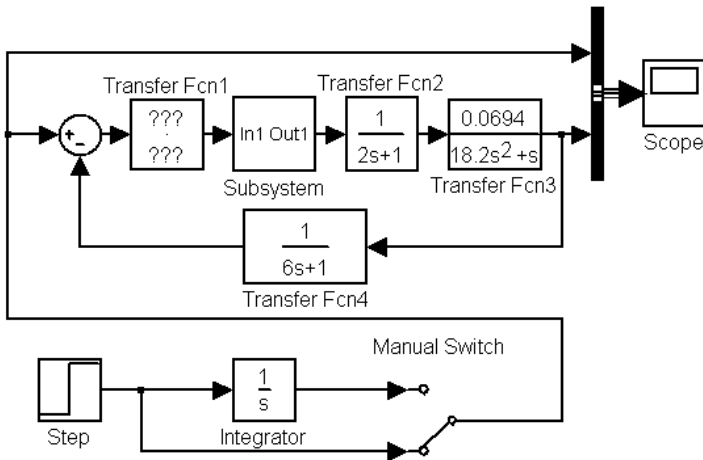
- Оцінити вплив відхилення сигналу керування від еталонного на помилку слідкування системи.

- Узагальнити результати досліджень.

4.2 Синтез оптимальної замкнутої системи слідкування

- Відкрити нове вікно моделі.

- З бібліотек **Simulink** у вікно моделі з ім'ям `untitled` послідовно перемістити зображення необхідних блоків та побудувати модель замкнутої системи слідкування як показано на рисунку:



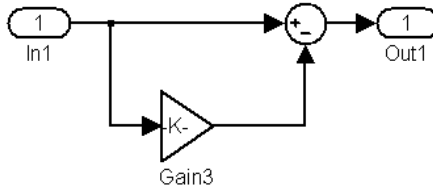
Тут **Transfer Fcn1** - модель регулятора з передаточною функцією у загальному виді $W_{\text{пер}}(s) = \frac{k}{Ts + 1}$; **Transfer Fcn2** -

модель виконавчого приводу $W_{\text{вп}}(s) = \frac{1}{2s + 1}$, **Transfer Fcn3** -

модель об'єкта керування $W_{\text{ок}}(s) = \frac{0,0694}{18,2 \cdot s^2 + s}$; **Transfer Fcn4** -

модель датчика зворотного зв'язку $W_{дзз}(s) = \frac{1}{6s + 1}$;

Subsystem- модель відхилення фактичного сигналу керування об'єктом від еталонного:



- Установити в **Subsystem** нульове значення відхилення сигналу керування $k = 0$.

- Розрахувати еквівалентну передаточну функцію замкнутої системи слідкування

$$W(s) = \frac{W_{пер}(s)W_{вп}(s)W_{ок}(s)}{1 + W_{пер}(s)W_{вп}(s)W_{ок}(s)W_{дзз}(s)}$$

- Покласти у $W(s) = \frac{B(s)}{A(s)}$ всі похідні крім перших рівними

нулю й знайти коефіцієнти a_1, a_0, b_1, b_0 багаточленів $A(s)$ і $B(s)$ через параметри регулятора.

- Визначити параметри оптимального регулятора, виходячи з мінімуму помилки слідкування

$$\theta_{сл} = \frac{a_1 - b_1}{a_0} \Omega;$$

$$\Omega = k(t) = 1,$$

беручи до уваги, що для слідкуючих систем $a_0 = b_0$.

- Увести параметри регулятора в **Transfer Fcn1** моделі у вікні untitled.

- Установити часовий інтервал вимірів осцилографа 500с.
- Перевести перемикач **Manual Switch** у нижнє положення.
- Запустити процес моделювання.

- Зафіксувати похідну характеристику системи, використовуючи операцію **Print Screen** пульта управління комп'ютером.

- Зменшуючи із кроком 0,2 значення коефіцієнта k посилення регулятора, домогтися оптимальної якості перехідного процесу $n = 5 \dots 6$; $t_p = 350c$.

- Перевести перемикач **Manual Switch** у верхнє положення.

- Запустити процес моделювання.

- Оцінити помилку слідкування системи.

- Зафіксувати отриману характеристику системи, використовуючи операцію **Print Screen** пульта управління комп'ютером.

- Досліджувати вплив постійної часу регулятора на якість процесу слідкування, змінюючи T від 0 до 5с із інтервалом 0,5с.

- Установити в **Subsystem** значення відхилення сигналу керування від еталонного $k = 0,09$.

- Оцінити вплив відхилення сигналу керування від еталонного на помилку слідкування системи.

- Узагальнити результати досліджень.

5 Зміст звіту

У звіті з лабораторної роботи повинні бути представлені:

- мета і завдання до роботи;
- моделі досліджуваних систем та відповідні експериментальні характеристики;
- детальний аналіз отриманих результатів.

6 Контрольні запитання

- 1 Визначення оптимальних систем.
- 2 Фазові траєкторії вектора стану.
- 3 Критерії оптимальності.
- 4 Оптимальне керування.
- 5 Методи рішення завдання оптимального керування.
- 6 Динамічне програмування.
- 7 Принцип максимуму.

Лабораторна робота №2

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ІЗ ЗАМКНУТИМ І РОЗІМКНУТИМ КОНТУРАМИ АДАПТАЦІЇ

1 Мета

У ході виконання лабораторної роботи освоюються принципи роботи адаптивних систем та досліджуються системи з замкнутими та розімкнутими контурами адаптації.

2 Рекомендації щодо підготовки до заняття

Повторити теоретичні питання дисципліни:

- визначення адаптивних систем;
- визначення й склад основного контуру керування;
- визначення й склад вторинного контуру керування;
- класифікація адаптивних САК.

3 Завдання до виконання досліджень

- 3.1 Змоделювати основний контур керування та вторинні контури адаптації.
- 3.2 Провести дослідження систем із замкнутим і розімкнутим контурами адаптації.

4 Порядок і методика виконання лабораторної роботи

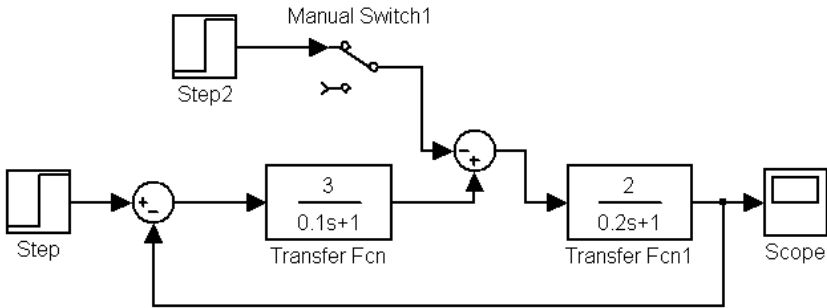
4.1 Дослідження основного контуру керування

Основний контур керування представлений системою автоматичного керування (САК), що включає регулятор з передаточною функцією $W_{\text{рег}}(s) = \frac{3}{0,1s + 1}$ й об'єкт керування з передаточною функцією $W_{\text{ок}}(s) = \frac{2}{0,2s + 1}$, охоплені зворотним зв'язком. На вхід системи надходить сигнал керування $x(t)$. Об'єкт керування піддається впливу зовнішніх збурювань $y(t)$.

- Запустити систему **Simulink** із програми **MATLAB**.
- Відкрити нове вікно моделі.

- Відкрити список бібліотек блоків вікна **Simulink Library Browser** (Браузера головної бібліотеки Simulink).

- З бібліотек **Simulink** у вікно моделі з ім'ям untitled послідовно перемістити зображення необхідних блоків та побудувати модель для дослідження основного контуру керування, як показано на рисунку.



- Установити часовий інтервал вимірів осцилографа 1с.
- Установити рівень сигналу керування рівний 2.
- Установити рівень сигналу зовнішнього збурювання 0.
- Запустити процес моделювання вибором команди **Start** меню **Simulation** і визначити на екрані осцилографа **перехідну функцію** досліджуваної системи, як реакцію на одиничний східчастий сигнал.

- Зафіксувати отриманий результат, використовуючи операцію **Print Screen** пульту управління комп'ютером.

- Задаючись значеннями зовнішніх збурювань $y(t) = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ визначити сталі значення регульованої величини $z(t)$:

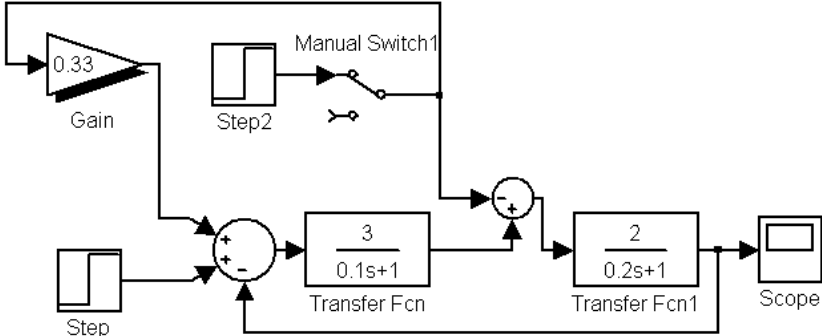
	$x(t) = 2$					
$y(t)$	0	1	2	3	4	5
$z(t)$						

- На основі отриманих даних побудувати навантажувальну характеристику системи.

- Простежити залежність регульованої величини $z(t)$ від значень зовнішніх збурювань. Зробити висновки.

4.2 Дослідження системи з розімкнутим контуром адаптації

- Доповнити модель дослідження розімкнутим контуром адаптації з передаточною функцією $W_k(s) = 0,33$:



- Повторити експеримент і визначити сталі значення регульованої величини $z(t)$ для зовнішніх збурювань $y(t) = 0, 1, 2, 3, 4, 5$

	$x(t) = 2$					
$y(t)$	0	1	2	3	4	5
$z(t)$						

- На основі отриманих даних побудувати навантажувальну характеристику системи з розімкнутим контуром адаптації.
- Простежити залежність регульованої величини $z(t)$ від значень зовнішніх збурювань. Зробити висновки.

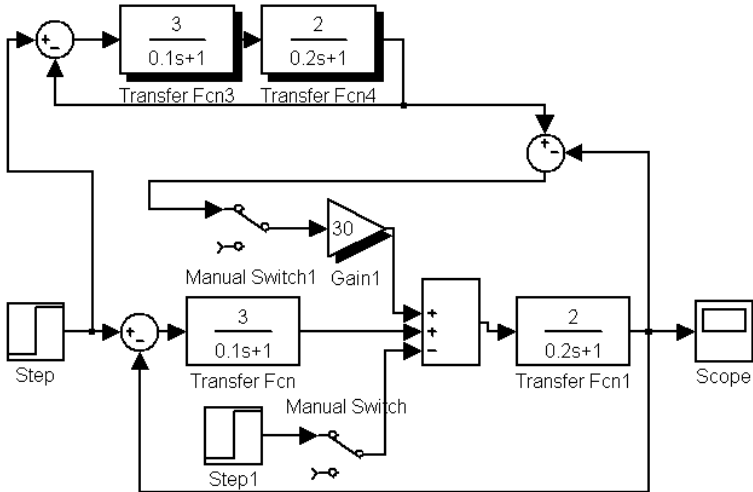
4.3 Дослідження системи з замкнутим контуром адаптації

- Виключити з моделі розімкнутий контур адаптації.
- Увести до складу моделі пристрій керування замкнутого контуру адаптації, що містить:

- еталонний фільтр із передаточною функцією рівної бажаної передаточної функції основний САК;

$$W_0(s) = \frac{3 \cdot 2}{(0,1s + 1)(0,2s + 1)}$$

- пристрій порівняння (**суматор**) регульованої координати $z(t)$ з вихідною величиною $z_0(t)$ еталона;
- підсилювач із коефіцієнтом підсилення $k = 30$:



- Повторити експеримент і визначити сталі значення регульованої величини $z(t)$ для зовнішніх збурювань $y(t) = 0, 1, 2, 3, 4, 5$

	$x(t) = 2$					
$y(t)$	0	1	2	3	4	5
$z(t)$						

- На основі отриманих даних побудувати навантажувальну характеристику системи з розімкнутим контуром адаптації.
- Простежити залежність регульованої величини $z(t)$ від значень зовнішніх збурювань. Зробити висновки.
- Зіставити результати трьох експериментів. Зробити висновки про доцільність застосування адаптивних систем.

5 Зміст звіту

- У звіті по лабораторній роботі повинні бути представлені:
- мета і завдання до роботи;

- моделі досліджуваних систем і відповідні експериментальні характеристики;
- навантажувальні характеристики систем.

6 Контрольні запитання

- 1 Визначення адаптивних систем.
- 2 Визначення й склад основного контуру керування.
- 3 Визначення й склад вторинного контуру керування.
- 4 Класифікація адаптивних САК.
- 5 Структурна схема системи з розімкнутим контуром адаптації.
- 6 Структурна схема системи із замкнутим контуром адаптації.

Лабораторна робота №3

ЕКСТРЕМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ В САК

1 Мета

У ході виконання лабораторної роботи освоюються методи пошуку екстремуму критерію якості. Експериментально досліджується об'єкт керування з екстремальною характеристикою.

2 Рекомендації щодо підготовки до заняття

Повторити наступні теоретичні питання дисципліни:

- екстремальні характеристики САК;
- принцип оптимізації якості керування;
- методи пошуку екстремуму критерію якості.

3 Завдання до виконання досліджень

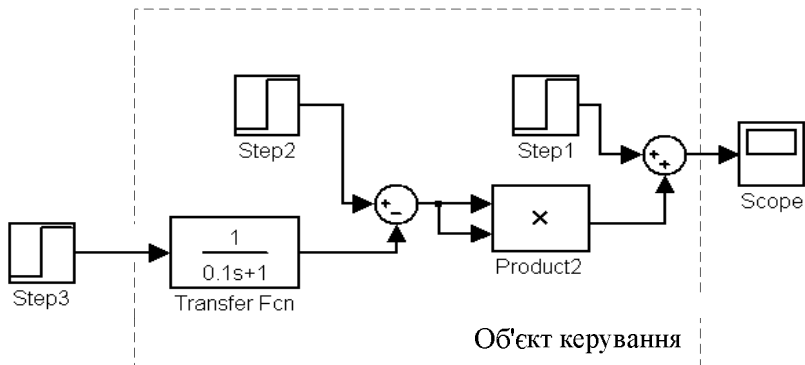
3.1 Дослідити об'єкт керування з екстремальною характеристикою.

3.2 Дослідити систему екстремального керування.

4 Порядок і методика виконання лабораторної роботи

4.1 Дослідження об'єкта керування

- Запустити систему **Simulink** із програми **MATLAB**.
- Відкрити нове вікно моделі.
- Відкрити список бібліотек блоків вікна **Simulink Library Browser** (Браузера головної бібліотеки Simulink).
- З бібліотек **Simulink** у вікно моделі з ім'ям **untitled** послідовно перемістити зображення необхідних блоків та побудувати модель об'єкта керування з екстремальною характеристикою, як показано на рисунку.
 - Установити рівень 5 сигналу Step1.
 - Установити рівень 2 сигналу Step2.
 - Установити часовий інтервал вимірів осцилографа 10с.
 - Установити рівень 0 сигналу Step3 зовнішнього збурювання.



- Запустити процес моделювання вибором команди **Start** меню **Simulation** і визначити на екрані осцилографа перехідну функцію об'єкта керування.

- Зафіксувати отриманий результат, використовуючи операцію **Print Screen** пульта управління комп'ютером.

- Задаючись за допомогою Step3 значеннями зовнішніх збурювань $y(t) = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$, визначити сталі значення вихідної координати об'єкта керування $z(t)$:

$y(t)$	0	1	2	3	4	5	6
$z(t)$							

- Згрупувати елементи, що входять до складу об'єкта керування, виконавши операцію **Create Subsystem**.

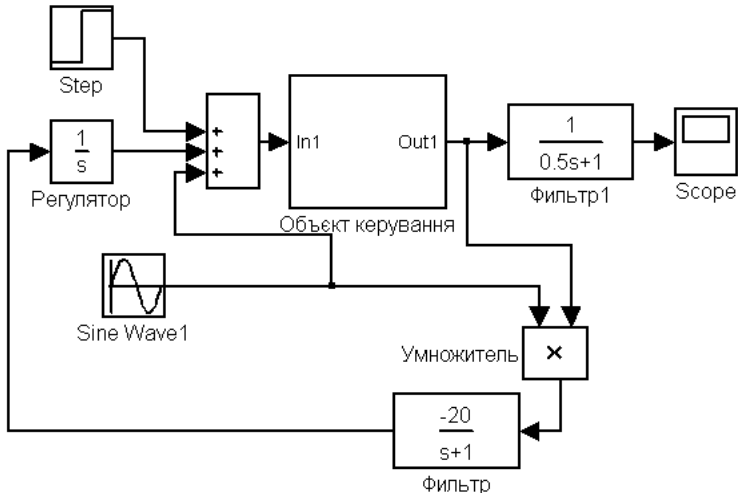
- На основі отриманих даних побудувати навантажувальну характеристику $z = f(y)$.

- Простежити залежність вихідної координати об'єкта керування $z(t)$ від значень зовнішніх збурювань. Зробити висновки.

4.2 Дослідження системи екстремального керування

- Відкрити нове вікно моделі.
- Скопіювати в нього субмодель об'єкта керування.

• З бібліотек **Simulink** у вікно моделі послідовно перемістити зображення необхідних блоків та побудувати модель системи екстремального керування, як показано на рисунку.



• Установити амплітуду гармонійного сигналу рівну 0,1, а частоту $\omega = 10 \text{ рад/с}$.

• Установити рівень 0 сигналу Step зовнішнього збурювання.

• Задаючись за допомогою Step значеннями зовнішніх збурювань $y(t) = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$, визначити по перехідним характеристикам сталі значення регульованої величини $z(t)$:

$y(t)$	0	1	2	3	4	5	6
$z(t)$							

• На основі отриманих даних побудувати навантажувальну характеристику системи..

• Зіставити результати двох експериментів. Зробити висновки щодо доцільності застосування екстремальних систем.

5 Зміст звіту

У звіті з лабораторної роботи повинні бути представлені:

- мета і завдання до роботи;
- моделі досліджуваних систем і відповідні до них

експериментальні характеристики;

- детальний аналіз отриманих результатів.

6 Контрольні запитання

- 1 Екстремальні характеристики САК.
- 2 Області застосування адаптивних систем.
- 3 Визначення систем екстремального керування.
- 4 Принцип оптимізації якості керування.
- 5 Функціональний склад системи екстремального керування.
- 6 Призначення в складі СЕК генератора пробних сигналів.
- 7 Призначення в складі СЕК синхронного детектора.
- 8 Принцип пошуку й підтримки СЕК оптимального рівня якості керування.
- 9 Методи пошуку екстремуму критерію якості.
- 10 Метод Гаусса-Зейделя.

Лабораторна робота №4

ЧУТЛИВІСТЬ РОБАСТНЫХ СИСТЕМ

1 Мета

У ході виконання лабораторної роботи освоюються методи оцінки чутливості систем автоматичного керування до зміни їхніх параметрів і структури, проводяться експериментальні дослідження якості й стійкості систем.

2 Рекомендації щодо підготовки до заняття

Повторити наступні теоретичні питання дисципліни:

- визначення робастности;
- завдання робастного синтезу;
- робастний критерій стійкості;
- теорема про малий коефіцієнт підсилення.

3 Завдання до виконання досліджень

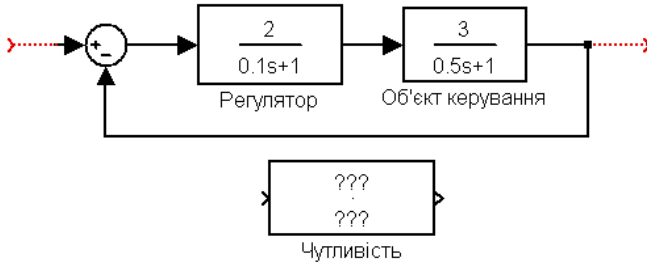
- 3.1 Усвідомити принципи організації робастних систем.
- 3.2 Виконати дослідження чутливості САК
- 3.3 Виконати дослідження робастності відповідно до теореми про малий коефіцієнт підсилення.
- 3.4 Виконати дослідження чутливості згідно робастному критерію стійкості.
- 3.5 Виконати дослідження якості робастних систем.

4 Порядок і методика виконання лабораторної роботи

4.1 Дослідження чутливості САК

- Запустити систему **Simulink** із програми **MATLAB**.
- Відкрити нове вікно моделі.
- З бібліотек **Simulink** у вікно моделі з ім'ям `untitled` послідовно перемістити зображення необхідних блоків та побудувати *модель№1* номінальної системи автоматичного керування, як показано на рисунку.
- Розрахувати чутливість системи до передаточної функції об'єкта керування відповідно до алгоритму

$$S_{W_{\text{ок}}}^W(s) = \frac{\partial W(s)}{\partial W_{\text{ок}}(s)} \cdot \frac{W_{\text{ок}}(s)}{W(s)} = \frac{1}{1 + W_{\text{рег}}(s)W_{\text{ок}}(s)}$$

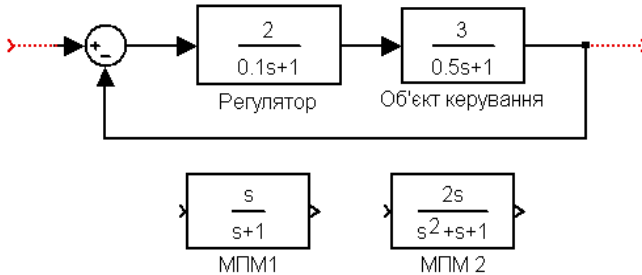


- Побудувати *модель №2* чутливість системи - внести дані в Transfer Fcn (**Чутливість**) моделі у вікні *untitled*.
- Використовуючи операцію лінійного аналізу, одержати амплітудно-частотну характеристику **Bode Magnitude** системи.
- Перенести моделі **InputPoint** та **OutputPoint** подачі й відбору сигналів лінійного аналізу на модель чутливості, знищивши їх на моделі номінальної системи.
- Одержати в тім же вікні **LTiViewer**, що й амплітудно-частотна характеристика, частотну характеристику **Bode Magnitude** чутливості.
- Зафіксувати отриманий результат за допомогою операції **Print Screen** пульту управління комп'ютером.
- Зробити висновки щодо чутливості системи до зміни параметрів об'єкту керування у смузї її пропущення.

4.2 Дослідження робастності відповідно до теореми про малий коефіцієнт підсилення

- Відкрити нове вікно моделі.
- Скопіювати до нього модель номінальної системи.
- Побудувати моделі мультиплікативних помилок моделювання МПМ1 і МПМ2, як показано на рисунку.
- Підключити на вихід моделі номінальної системи модель мультиплікативної помилки моделювання МПМ1.
- Використовуючи операцію лінійного аналізу, одержати амплітудно-частотну характеристику **Bode Magnitude**

$|W(j\omega)W_{m1}(j\omega)|$, де $W(j\omega)$ - частотна передаточна функція номінальної замкнутої системи; $W_{m1}(j\omega)$ - частотна передаточна функція мультиплікативної помилки моделювання МПМ1.



- Замінити в моделі системи модель МПМ1 на модель мультиплікативної помилки моделювання МПМ2.

- Одержати амплітудно-частотну характеристику **Bode Magnitude** $|W(j\omega)W_{m2}(j\omega)|$, де $W_{m2}(j\omega)$ - частотна передаточна функція мультиплікативної помилки моделювання МПМ2.

- Зафіксувати отримані результати за допомогою операції **Print Screen** пульту управління комп'ютером.

- Проаналізувати характеристики відповідно до теореми про малий коефіцієнт підсилення

$$|W(j\omega)W_m(j\omega)| < |1|$$

на предмет визначення робастної стійкості систем з мультиплікативними помилками моделювання.

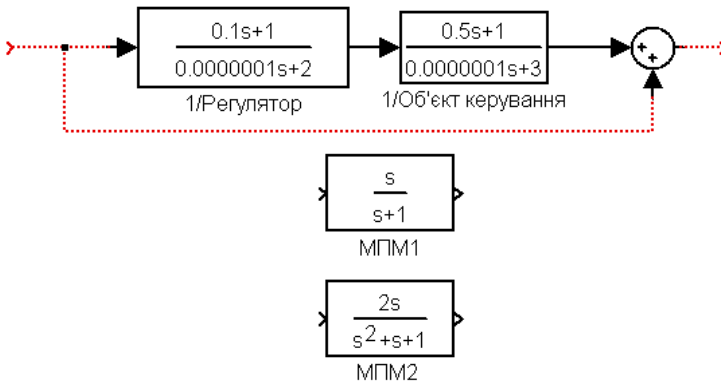
4.3 Дослідження чутливості згідно робастному критерію стійкості

- Відкрити нове вікно моделі.

- З бібліотек **Simulink** у вікно моделі з ім'ям untitled послідовно перемістити зображення необхідних блоків та побудувати моделі зворотної амплітудної фазової частотної характеристики номінальної системи

$$1 + \frac{1}{W_{\text{пер}}(j\omega)W_{\text{ок}}(j\omega)} \quad (1)$$

та мультиплікативних помилок моделювання МПМ1, МПМ2, як показано на рисунку



- Використовуючи операцію лінійного аналізу, одержати зворотну амплітудно-частотну характеристику **Bode Magnitude** номінальної системи.

- Перенести моделі **InputPoint** та **OutputPoint** подачі й відбору сигналів лінійного аналізу на модель МПМ1, знищивши їх на моделі зворотної АФЧХ номінальної системи.

- Одержати амплітудно-частотну характеристику **Bode Magnitude** помилки моделювання МПМ1.

- Перенести моделі **InputPoint** та **OutputPoint** подачі й відбору сигналів лінійного аналізу на модель МПМ2, знищивши їх на моделі МПМ1.

- Одержати амплітудно-частотну характеристику **Bode Magnitude** помилки моделювання МПМ2.

- Зафіксувати отриманий результат за допомогою операції **Print Screen** пульту управління комп'ютером.

- Проаналізувати отримані характеристики відповідно до робастного критерію стійкості

$$|W_m(j\omega)| < \left| 1 + \frac{1}{W_{\text{пер}}(j\omega)W_{\text{оу}}(j\omega)} \right|$$

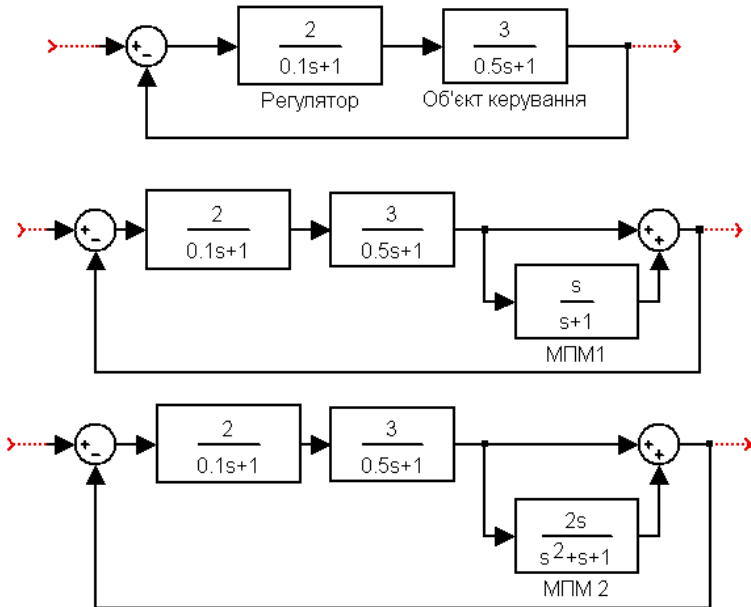
на предмет визначення робастної стійкості систем з мультиплікативними помилками моделювання.

Тут $W_m(j\omega)$ - частотна передаточна функція мультиплікативної помилки моделювання.

- Зіставити результати двох експериментів. Зробити висновки.

4.4 Дослідження якості робастних систем

- Відкрити нове вікно моделі.
- З бібліотек **Simulink** у вікно моделі з ім'ям untitled послідовно перемістити зображення необхідних блоків та побудувати моделі номінальної системи та систем з мультиплікативними помилками моделювання МПМ1, МПМ2, як показано на рисунку



- Використовуючи операцію лінійного аналізу, одержати перехідну характеристику **Step** номінальної системи.

- Перенести моделі **InputPoint** та **OutputPoint** подачі й відбору сигналів лінійного аналізу на модель системи з мультиплікативною помилкою моделювання МПМ1, знищивши їх на моделі номінальної системи.

- Одержати перехідну характеристику **Step** системи з мультиплікативною помилкою моделювання МПМ1.

- Перенести моделі **InputPoint** та **OutputPoint** подачі й відбору сигналів лінійного аналізу на модель системи з мультиплікативною помилкою моделювання МПМ2, знищивши їх на моделі системи з мультиплікативною помилкою моделювання МПМ1.

- Одержати перехідну характеристику **Step** системи з мультиплікативною помилкою моделювання МПМ2.

- Зафіксувати отримані результати за допомогою операції **Print Screen** пульта управління комп'ютером.

- Зробити необхідні висновки

5 Зміст звіту

У звіті з лабораторної роботи повинні бути представлені:

- мета і завдання до роботи;
- модель досліджуваної системи та відповідні експериментальні характеристики;
- детальний аналіз отриманих результатів.

6 Контрольні запитання

- 1 Визначення робастности.
- 2 Параметрична й непараметрична невизначеності.
- 3 Властивість системи робастности.
- 4 Завдання робастного синтезу.
- 5 Чутливість САК до зміни параметрів.
- 6 Чутливість САК до зміни структури.
- 7 Робастний критерій стійкості .
- 8 Теорема про малий коефіцієнт підсилення.

Список літератури

- 1 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. - СПб: изд-во Профессия, 2004. - 752с.
- 2 Аблесімов О.К., Александров Є.Є., Александрова І.Є Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами. - Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – 443 с.
- 3 Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К., Брицкий О.И. Теория автоматического управления. - К: Техніка, 2002. - 688с.
- 4 Ч.Филлипс, Р. Харбор Системы управления с обратной связью. – М: ЛБЗ, 2001. -615с.
- 5 Р. Дорф, Р. Бишоп Современные системы управления. - М: ЛБЗ, 2004. - 832с.
- 6 Дьяконов В. Simulink 4. Специальный справочник. - СПб.: Питер, 2002. - 528с
- 7 Артюшин Л. М., Машков О. А., Дурняк Б. В., Сівов М. С. Теорія автоматичного керування. -К.: Атіка, 2003.- 270 с.

Зміст

Вступ.....	3
Лабораторна робота №1 Синтез оптимальних слідкуючих систем.....	5
Лабораторна робота №2 Моделювання систем із замкнутим і розімкнутим контурами адаптації.....	10
Лабораторна робота №3 Екстремальне керування в САК.....	15
Лабораторна робота №4 Чутливість робастних систем.....	19
Список літератури	25

Навчальне видання

СУЧАСНА ТЕОРІЯ КЕРУВАННЯ

**Методичні вказівки до лабораторних робіт
для студентів спеціальності 05020202
„Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і
виробництва“**

Частина II

Укладач.: АБЛЕСІМОВ Олександр Костянтинович

Підписано до друку 20.12.2012 р. Ум. друк, арк.0,9

Формат 60x84/16

Наклад 100 прим. Замовлення № 105

Віддруковано на різнографі в видавничому центрі "Принт-центр"

03056, м. Київ, вул. Політехнічна, 35

Тел./факс: 486-55-15, 332-41-10,277-40-16

www.printc.com.ua. Е-таїл printc@ucr.net. 0.00.

Формат 60x84/16. Папір офс.