

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
СПЕЦІАЛІСТА “МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО
ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ З
АНАЛОГОВОЮ СИСТЕМОЮ УПРАВЛІННЯ “, ДЛЯ СТУДЕНТІВ
СПЕЦ. 7092501 ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Затверджено
редакційно-видавницькою
радою університета
протокол № 3 від 22.06.06 р.

Харків НТУ «ХПІ» 2006

Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту спеціаліста “Моделювання автоматизованого електроприводу верстатного обладнання з аналоговою системою управління“, для студ. спец. 7092501 денної та заочної форм навчання /Уклад. Л.О. Шищенко , О.Ф. Енікєєв, О.Ю. Приходько – Харків: НТУ „ХПІ”, 2006. – 27 с. – Укр. мовою.

Укладачі:

Л.О. Шищенко
О.Ф. Енікєєв
О.Ю. Приходько

Рецензент: О.П Рудько

Кафедра “Технологія машинобудування та
металорізальні верстати“

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	5
1 ЗАВДАННЯ 1. Динамічні і частотні характеристики САУ	6
1.1 Послідовність виконання завдання	6
1.2 Методичний приклад виконання завдання	8
2 ЗАВДАННЯ 2. Аналіз та синтез САУ методом корневого	
годографа	13
2.1 Послідовність виконання завдання	13
2.2 Приклад виконання завдання	15
Список літератури.....	22
Додаток. Варіанти індивідуальних завдань	23

ВСТУП

З розвитком науки і техніки поряд з розширенням абстрактних методів вивчення реальних явищ і процесів усе більшого значення набувають експериментальні методи та, зокрема, моделювання. Моделювання дозволяє повному описати реальний об'єкт, процес або явище й спростити його експериментальне вивчення. Якщо раніш моделювання означало реальний фізичний експеримент, або створення деякого макету, то тепер з'явилося багато нових видів моделювання, в основі яких лежить постановка математичних і чисельних експериментів.

Основна задача моделювання:

- визначити методику, яка дозволяє упорядкувати одержання й обробку інформації про об'єкти, що існують поза нами;
- знайти взаємодію цих об'єктів з навколишнім середовищем;
- оцінити якість цієї взаємодії.

Як об'єкт моделювання все частіше виступають складні технічні системи, які можна віднести до класу великих систем. Прикладом таких систем є системи управління промисловими роботами та верстатами. Основною характеристикою об'єкта є передатна функція, яка являє собою перетворення по Лапласу при нульових початкових умовах інтегровано-диференціальних рівнянь.

Питанням вивчення динамічних та частотних характеристик об'єктів, а так само визначенню їхньої стійкості на прикладі системи автоматичного управління (САУ) присвячені розроблені методичні вказівки.

Приведена методика (та приклади виконання реальних завдань) моделювання динамічної і частотної характеристики САУ та аналізу і синтезу САУ методом корневого годографа.

1. Методика моделювання динамічних і частотних характеристик САУ

Модель одновірної САУ задана у виді комплексної передатної функції, котра записана як відношення поліномів

$$W(s) = \frac{a_m s^m + \dots + a_1 s + a_0}{b_n s^n + \dots + b_1 s + b_0}.$$

Необхідно:

1. Визначити полюси й нулі передатної функції

$$s_i^*, (i = \overline{1, n}), \quad s_j^0, (j = \overline{1, m}).$$

2. Записати диференціальне рівняння, яке визначає функціонування САУ

3. Побудувати графіки перехідної й імпульсної перехідної функції:

$$h(t), \quad \varpi(t).$$

4. Побудувати логарифмічні частотні характеристики $L(\omega)$.

5. Побудувати частотний годограф Найквіста

$$W(i\omega), \quad \omega \in [0, \infty].$$

6. Представити вихідну систему у виді послідовного з'єднання типових ланок. Побудувати характеристики цих типових ланок.

Варіанти індивідуальних завдань подані у додатку.

1.1 Послідовність виконання завдання

Для виконання завдання використовується пакет прикладних програм (ППП) Control System Toolbox. ППП призначений для роботи з LTI-моделями (Linear Time Invariant Models) систем управління. У Control System Toolbox

мається тип даних, які визначають динаміку системи у виді комплексної передатної функції. Синтаксис команди, який створює LTI-систему с одним входом і одним виходом у виді такої передатної функції

$$TF([b_m, \dots, b_1, b_0], [a_n, \dots, a_1, a_0])$$

$b_m, \dots, b_1$ – значення коефіцієнтів полінома B в (1.3),

$a_n, \dots, a_1$ – значення коефіцієнтів полінома A у (1.3).

Для виконання даного завдання можуть застосовуватися такі команди. Для визначення коренів поліномів ступеня k , може також застосовуватися команда середовища **MATLAB** **roots(P)**, яка у якості аргументу P , одержує матрицю коефіцієнтів полінома $[p_k, \dots, p_0]$. Іншим варіантом одержання графіків динамічних характеристик САУ є використання графічного інтерфейсу ППП CST – LTI **viewer**, виклик якого здійснюється командою **ltiview**. У цій команді як параметр можна вказати ім'я змінної, котра містить LTI-об'єкт.

Таблиця 1.1 - Деякі команди **Control System Toolbox**

Синтаксис	Опис
Pole (<LTI-об'єкт>)	Обчислення полюсів передатної функції
Zero (<LTI-об'єкт>)	Обчислення нулів передатної функції
Step (<LTI-об'єкт>)	Побудова графіка перехідного процесу
Impulse (<LTI-об'єкт>)	Побудова графіка імпульсної перехідної функції
Bode (<LTI-об'єкт>)	Побудова логарифмічних частотних характеристик (діаграми Боде)
Nyquist (<LTI-об'єкт>)	Побудова частотного годографа Найквіста

Таким чином, виконання завдання складається з наступних кроків:

1. Вивчити теоретичні свідчення.
2. Запустити систему *MATLAB*.
3. Створити tf-об'єкт, відповідно до заданого варіанта.
4. Скласти диференціальне рівняння, що визначає функціонування САУ.
5. Визначити полюса передатної функції $s_j^*, (i = \overline{1, n})$ з використанням команди **roots** або **pole**.
6. Визначити нулі передатної функції $s_j^0, (j = \overline{1, m})$ з використанням команди **roots** або **zero**.
7. Використовуючи **LTI-viewer**, або відповідні команди (табл.1) одержати динамічні характеристики – перехідну функцію $h(t)$, імпульсно-перехідну функцію $w(t)$ і частотні характеристики – діаграму Боде, частотний годограф Найквіста.
8. Одержати представлення вихідної функції у виді добутку типових ланок.

1.2 Методичний приклад виконання завдання

Нехай задана передатна функція САУ

$$W = \frac{s + 2}{3s^3 + 4s^2 + 5s + 3}.$$

Знайдемо її динамічні та частотні характеристики. Будемо працювати в командному режимі середовища *MATLAB*.

1. Створимо LTI-об'єкт з ім'ям `w`, для цього виконаємо:

```
>> w=tf([1 2],[3 4 5 3])
```

Transfer function:

$$\frac{s + 2}{3s^3 + 4s^2 + 5s + 3}$$

2. Знайдемо полюси та нулі передатної функції з використанням команд ***pole***, ***zero***.

```
>> pole(w)
```

```
ans =
```

```
-0.2639 + 1.0825i  
-0.2639 - 1.0825i  
-0.8055
```

```
>> zero(w)
```

```
ans =
```

```
-2
```

3. Побудуємо перехідну функцію командою ***step(w)***. Результат її виконання приведено на рис. 1.1.

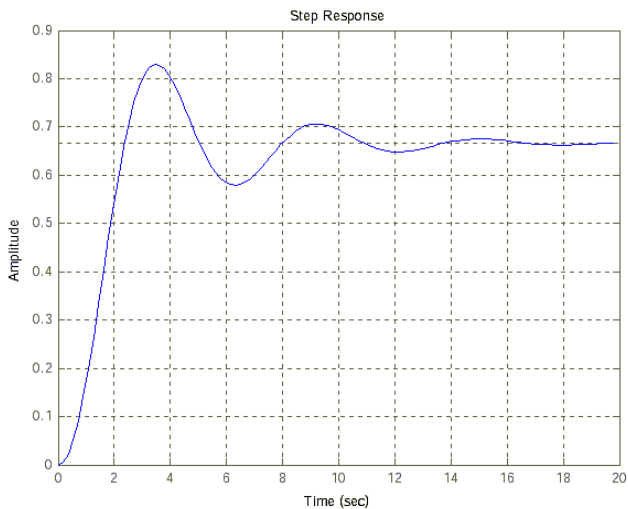


Рисунок 1.1 - Перехідна функція $h(t)$

4. Побудуємо імпульсну перехідну функцію командою ***impulse(w)***.
Результат показано на рис. 1.2.

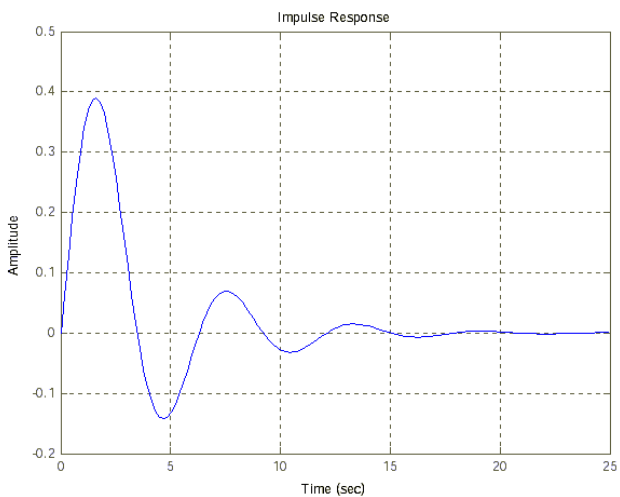


Рисунок 1.2 - Імпульсна перехідна функція

5. Діаграму Бode одержимо, використовуючи команду **bode(w)** – рис. 1.3.

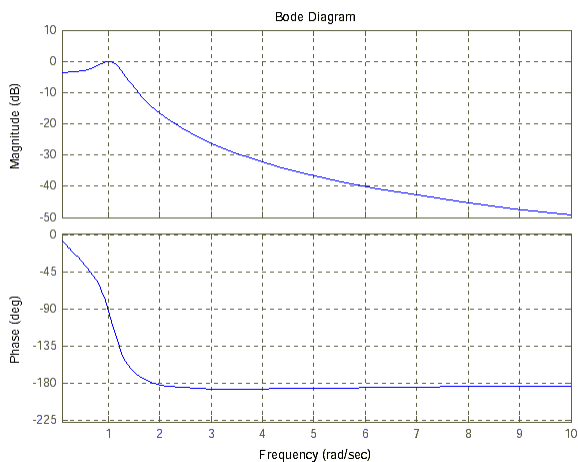


Рисунок 1.3 - Логарифмічні частотні характеристики

6. Визначимо частотний годограф Найквіста, виконавши команду **nyquist(w)** – рис. 1.4.

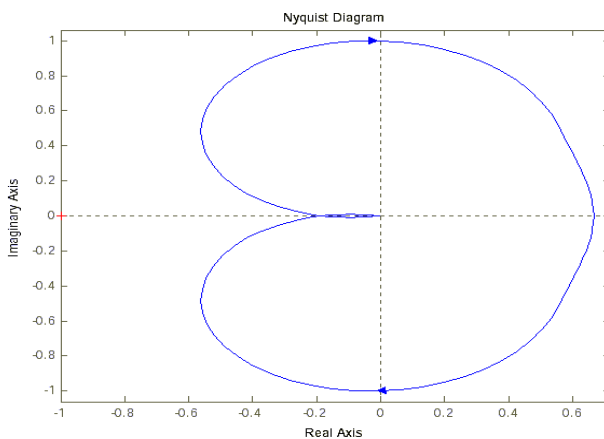


Рисунок 1.4 - Частотний годограф

Аналогічні результати (рис. 1.5) можна одержати, використовуючи команду **ltiview(w)**, з відповідними налаштуваннями в меню “Plot Configuration”.

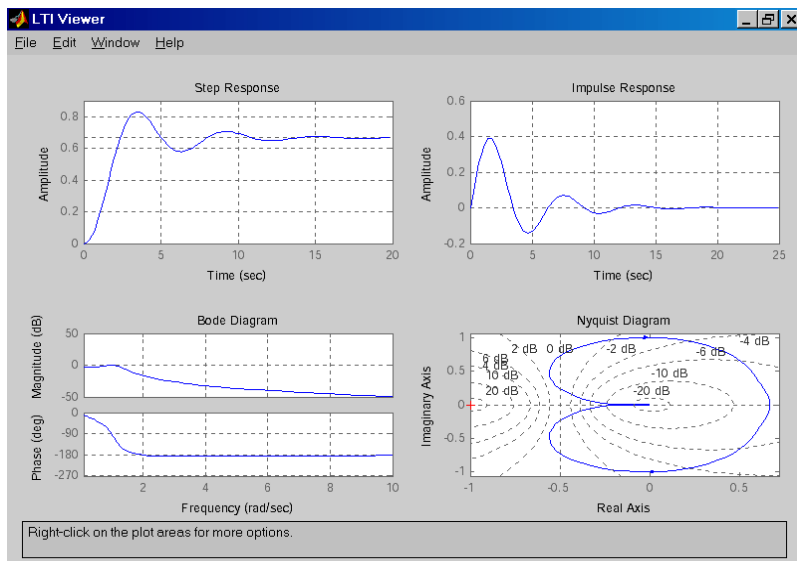


Рисунок 1.5 - LTI-viewer

Кожна з побудованих характеристик цілком та однозначно визначає розглянуту систему управління.

2. Методика моделювання аналізу та синтезу САУ методом кореневого годографа

Дано модель розімкнутої системи, яка записана у виді відносини до-
бутків типових ланок

$$W(s) = \frac{K \cdot s^{a_1} \prod_{j=1}^{\beta_1} (T_j s + 1) \prod_{j=1}^n (T_j^2 s^2 + 2T_j \zeta s + 1)}{s^{a_2} \prod_{j=1}^{\beta_1} (T_j s + 1) \prod_{i=1}^n (T_i^2 s^2 + 2T_i \zeta s + 1)}$$

Необхідно:

1. Побудувати кореневий годограф.
2. Одержати коефіцієнт підсилення $K^{кр}$, при якому система знахо-
диться на границі стійкості.
3. Обчислити частоту $\omega^{кр}$, при якій у системі виникають незатухаю-
чі коливання.
4. Нанести на галузі кореневого годографа значення полюсів за-
мкнутої системи, що відповідають $0.5 \cdot K^{кр}$ та $0.25 \cdot K^{кр}$.
5. Привести вираз для $W_s(s)$ у виді добутку типових ланок. Указати
значення параметрів типових ланок.

Варіанти індивідуальних завдань подані у додатку.

2.1 Послідовність виконання завдання

Для виконання завдання використовується GUI-інтерфейс “SISO-
Design Tool” з пакета прикладних програм Control System Toolbox. Графічний
інтерфейс призначений для аналізу і синтезу одномірних лінійних (лінеаризо-
ваних) САУ (SISO - Single Input/Single Output). У Control System Toolbox ма-
ється тип даних, що визначають динамічну систему у виді набору полюсів,

нулів і коефіцієнта підсилення передатної функції. Синтаксис команди, що створює LTI (Linear Time Invariant)-систему у виді об'єкта ZPK (zero-pole-gain) з одним входом і одним виходом

$$\text{ZPK} \left([s_1^0, \dots, s_m^0], [s_1^*, \dots, s_n^*], K \right),$$

де $s_1^0, \dots, s_m^0$ – значення нулів системи, $s_1^*, \dots, s_n^*$ – значення полюсів системи,

K – коефіцієнт підсилення.

Більш природним є варіант, при якому за допомогою функції ZPK створюється символічна змінна 's', що потім використовується для визначення передатної функції у виді вигляді (2). Наприклад, після виконання команд

$$s = \text{zpk}('s'); W1 = (s+0.1)/(s^2)$$

відбудеться створення змінної W1 типу ZPK, що визначає передатну функцію виду

$$W1 = \frac{(s + 0.1)}{s^2}$$

Запуск графічного інтерфейсу SISO-Design Tool здійснюється командою **sisotool** або вибором відповідного пункту у вікні “Launch Pad”. Для виконання завдання необхідно вибрати в меню View пункт Root Locus (кореневий годограф), для відображення редактора Root Locus Editor. У правому верхньому куті SISO-Design Tool можна змінювати тип зворотного зв'язку (кнопка “+/-”) і структурну схему САУ. У завданні передбачається наявність негативного зворотного зв'язку.

Для завантаження даних з робочого простору *MATLAB* необхідно використовувати меню “File/Import”, у результаті якої з'являється діалог Import System Data. Необхідно, щоб у результаті імпортування даних вийшла розглянута схема САУ. Використовуючи Root Locus Editor і значення коефіцієнта підсилення (тут C – Current Compensator) виконати завдання контрольної роботи. Зміна динамічних і частотних характеристик замкнутої системи при зміні K можна простежити використовуючи меню “Tools/Loop Responses”.

Таким чином, послідовність виконання завдання наступна:

1. Ознайомитися з основними елементами теорії методу кореневого годографа.
2. Відповідно до заданого варіанта намалювати структурну схему САУ.
3. Запустити систему *MATLAB*.
4. Створити зрк-об'єкт, відповідно до заданого варіанта.
5. Визначити значення полюсів та нулів розімкнутої системи $W_p(s)$.
6. Запустити SISO-Design Tool і побудувати КГ.
7. Відповідно до теорії проаналізувати розташування віток кореневого годографа.
8. Визначити умови нестійкості замкнутої САУ. Визначити $K^{кр}$ і $\omega^{кр}$.
9. Визначити значення полюсів, що відповідають $0.5K^{кр}$ і $0.25K^{кр}$.
10. Проаналізувати вплив вилучених полюсів і нулів на величини $K^{кр}$ і $\omega^{кр}$.
11. При $K=1$ привести вираз для $W_3(s)$ у виді добутку типових ланок. Указати значення параметрів типових ланок.

2.2 Приклад виконання завдання

Нехай необхідно досліджувати САУ з передатної функція розімкнутої системи

$$W(s) = \frac{(0.2s + 1)}{s(0.1s + 1)(0.04s^2 + 2 \cdot 0.2 \cdot 0.3s + 1)}$$

1. Створимо ZPK-об'єкт, знайдемо полюси і нулі розімкнутої системи:

```

>> s = zpk('s'); W = (0.2*s+1)/(s*(0.1*s+1)*(0.2^2*s^2+2*0.2*0.3*s+1))

Zero/pole/gain:
      50 (s+5)
-----
s (s+10) (s^2 + 3s + 25)

>> pole(W)

ans =

      0
-10.0000
-1.5000 + 4.7697i
-1.5000 - 4.7697i

>> zero(W)

ans =

      -5

```

2. Запустимо SISO-Design Tool, настроїмо параметри й імпортуємо ZPK-об'єкт із робочого простору *MATLAB* (рис. 2.1). У вікні Root Locus Editor інтерфейсу SISO-Design Tool побудується кореневий годограф (рис. 2.2).

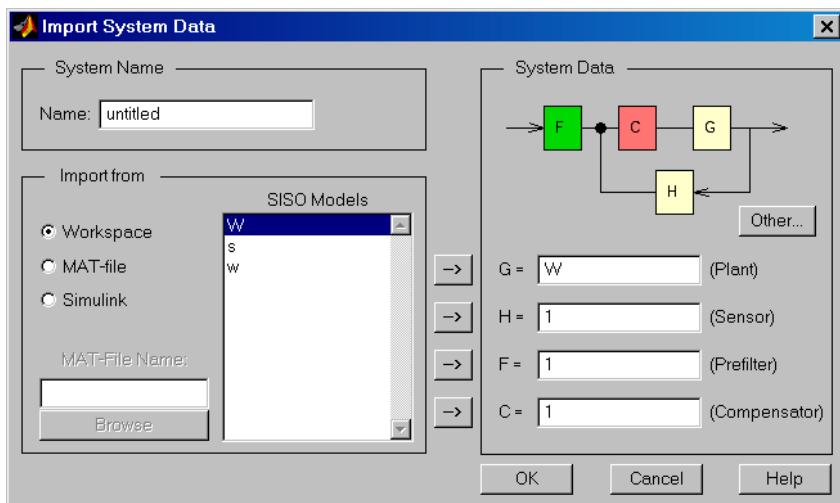


Рисунок 2.1 - Діалог імпортування даних у SISO-Design Tool

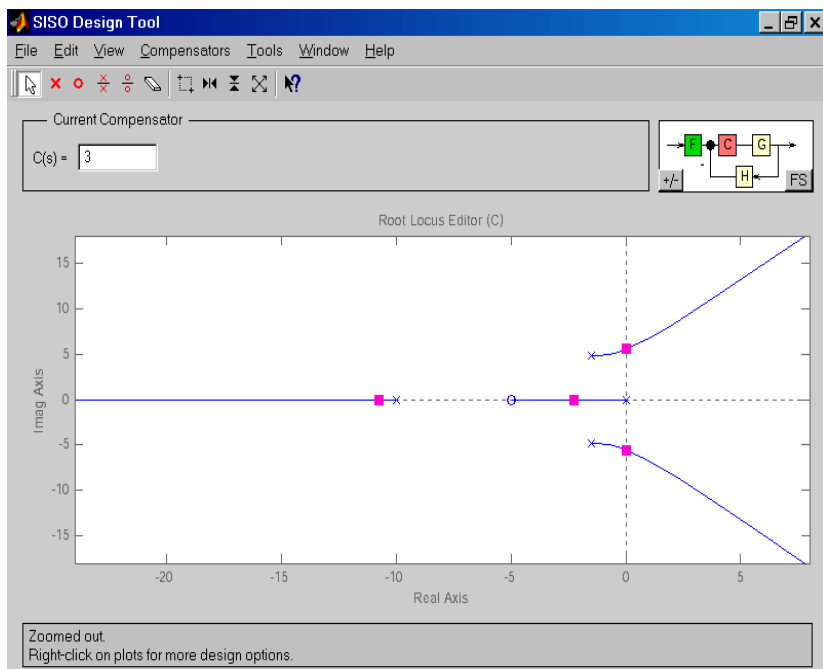


Рисунок 2.2 - SISO-Design Tool

3. Захопивши “мишею”, пересувати червоним курсором по кореневому годографу до перетинання віток із мнімою віссю, визначити значення K^{kp} (рис. 2.3). Пересування курсору відбувається також при введенні значення коефіцієнта підсилення C у відповідне поле введення у верхній частині GUI-інтерфейсу. Для розглянутого випадку $K^{kp} \approx 3$. Значення ω^{kp} відповідає мнимій координаті перетинання КГ мнімої осі. Переглянути це значення можна в нижній частині інтерфейсу або вибравши меню пункт “View/Closed-Loop Poles” (рис. 2.4).

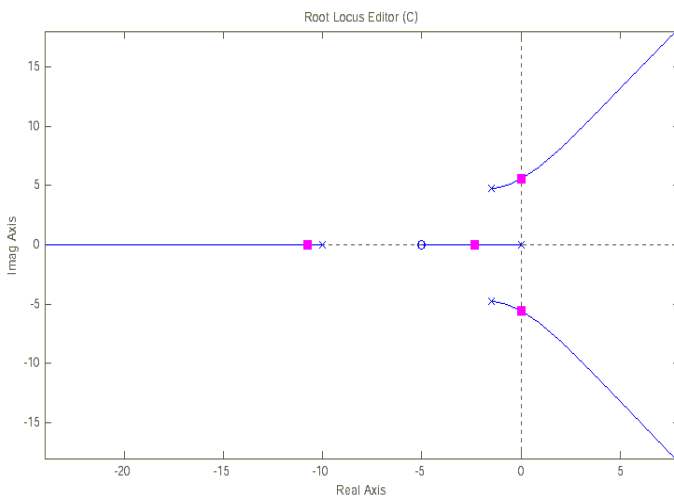


Рисунок 2.3 - Корневої годограф з нанесеним значенням K^{kp}

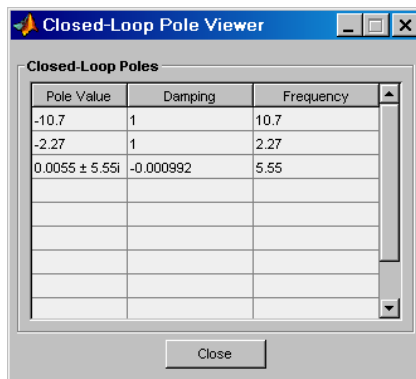
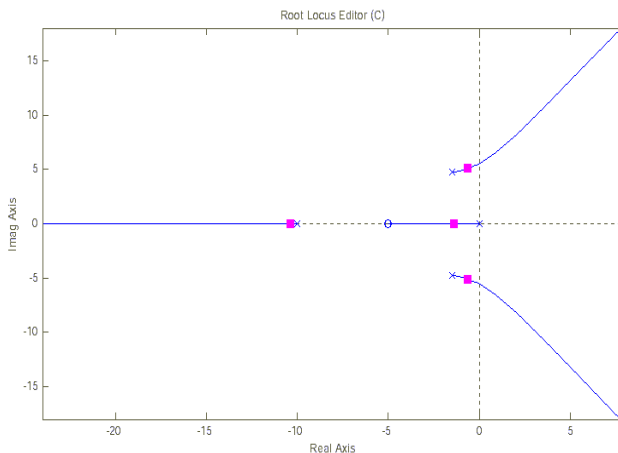
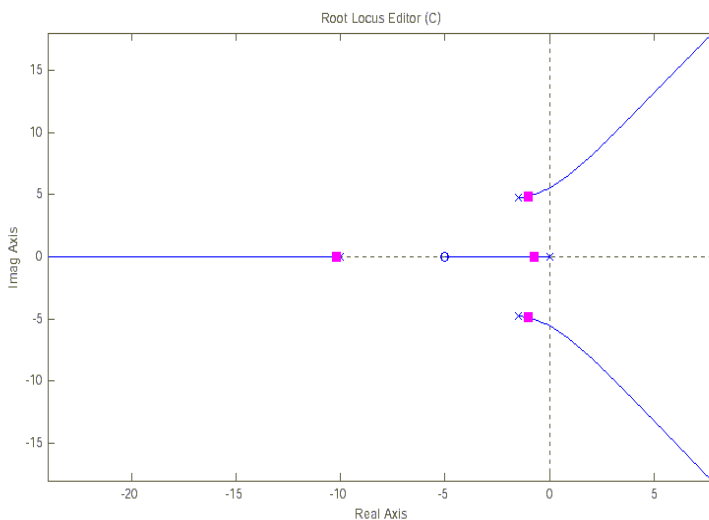


Рисунок 2.4 - Closed-Loop Poles Viewer

4. Задамо значення $0.5K^{*p}$ і $0.25K^{*p}$ (рис. 2.5а , 2.5б) і визначимо значення полюсів (рис. 2.6а , 2.6б).

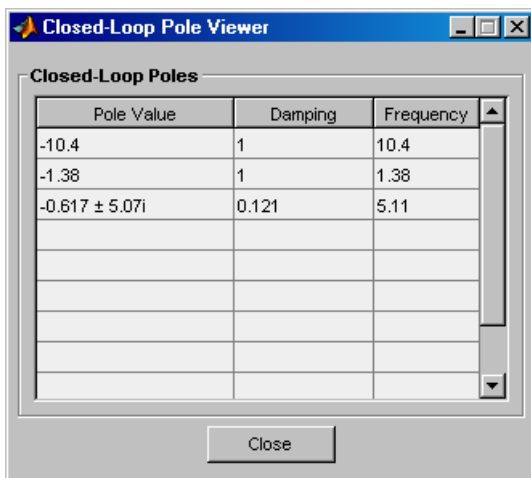


а. $C = 0.5K^{*p}$

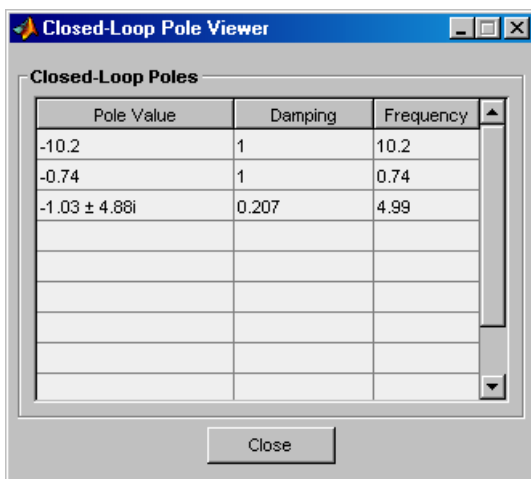


б. $C = 0.25K^{*p}$

Рисунок 2.5 - Кореневий годограф САУ



а. $C = 0.5K^{kp}$



б. $C = 0.25K^{kp}$

Рисунок 2.6 - Closed-Loop Poles Viewer

5. Наприклад, для значення $0.5K^{kp}$ побудуємо вид перехідної функції замкнутої системи. Для цього необхідно вибрати в меню пункт “Tools/Loop Responses/Closed-Loop Step”. Результат побудови перехідної функції – рис. 2.7. Видно, що система стійка. Змінюючи значення C можна побачити відповідну зміну перехідної функції або інших характеристик системи у динаміці.

При зміні 3 відбувається автоматичне відновлення обраних характеристик замкнутої системи.

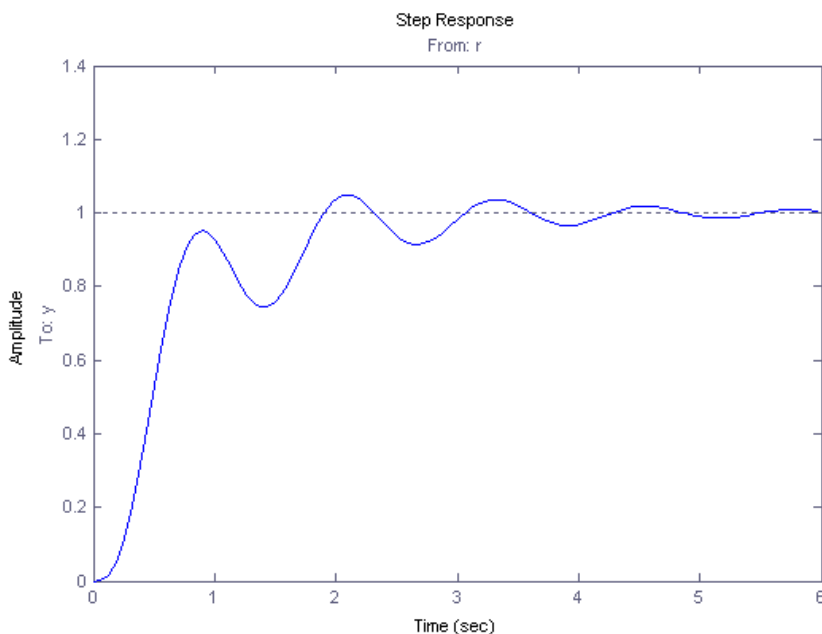


Рисунок 2.7 - Перехідна функція при $3 = 0.5K^{кр}$

У завданні на основі використання методу кореневого годографа отримані області значень коефіцієнта підсилення, у яких система автоматичного управління є стійкою.

Список літератури

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. - М.: Наука, 1975. - 768с.
2. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. - М.: Наука, 1989. - 304с.
3. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. - М.: Наука, 1979. - 256с.
4. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. - М.: Наука, 1986. - 616с.
5. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. Особые линейные и нелинейные системы. - М.: Энергоиздат, 1981. - 304 с.
6. Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика. - М.: Высшая школа, 1990. - 335с.
7. Топчиев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования. - М.: Машиностроение, 1989. - 752 с.
8. Куропаткин П.В. Теория автоматического управления. - М.: Высшая школа, 1973. - 507 с.
9. Теория управления. Терминология / Под ред. Б.Г.Волика. - М.: Наука, 1988. - 56 с.
10. Расчет автоматических систем / Под ред. А.В.Фатеева. - М.: Высшая школа, 1973. - 336 с.
11. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления / Под ред. В.А. Бесекерского. - М.: Наука, 1978. - 512 с.
12. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. М.: Машиностроение, 1978. - 609 с.
13. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. - Л.: Машиностроение, 1980. - 412 с.
14. Дидук Г.А. Методы теории матриц и их применение для исследования и проектирования систем управления. - Л.: СЗПИ, 1986. - 83 с.

Додаток. Варіанти індивідуальних завдань

Вар.	Коеф.	індекс				
		4	3	2	1	0
1	a_i	0	0	0	$1,034 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$3,912 \cdot 10^{-10}$	$1,555 \cdot 10^{-6}$	$2,138 \cdot 10^{-3}$	1	0
2	a_i	0	0	0	$0,43 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$2,277 \cdot 10^{-10}$	$1,045 \cdot 10^{-6}$	$1,734 \cdot 10^{-3}$	1	0
3	a_i	0	0	0	$1,02 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$3,357 \cdot 10^{-10}$	$1,302 \cdot 10^{-6}$	$1,882 \cdot 10^{-3}$	1	0
4	a_i	0	0	0	$1,496 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$7,27 \cdot 10^{-10}$	$3,194 \cdot 10^{-6}$	$3,334 \cdot 10^{-3}$	1	0
5	a_i	0	0	0	$0,726 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$2,283 \cdot 10^{-9}$	$4,527 \cdot 10^{-6}$	$3,264 \cdot 10^{-3}$	1	0
6	a_i	0	0	0	$0,68 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$1,348 \cdot 10^{-10}$	$6,507 \cdot 10^{-7}$	$1,214 \cdot 10^{-3}$	1	0
7	a_i	0	0	0	$0,846 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$6,763 \cdot 10^{-10}$	$1,902 \cdot 10^{-6}$	$1,976 \cdot 10^{-3}$	1	0
8	a_i	0	0	0	$0,68 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$1,071 \cdot 10^{-9}$	$2,994 \cdot 10^{-6}$	$3,019 \cdot 10^{-3}$	1	0
9	a_i	0	0	0	$1,034 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$2,589 \cdot 10^{-10}$	$1,11 \cdot 10^{-6}$	$1,716 \cdot 10^{-3}$	1	0
10	a_i	0	0	0	$1,496 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$4,867 \cdot 10^{-10}$	$1,636 \cdot 10^{-6}$	$2,034 \cdot 10^{-3}$	1	0
11	a_i	0	0	0	$0,726 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$2,478 \cdot 10^{-10}$	$1,049 \cdot 10^{-6}$	$1,985 \cdot 10^{-3}$	1	0
12	a_i	0	0	0	$0,43 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$2,589 \cdot 10^{-10}$	$0,995 \cdot 10^{-6}$	$1,512 \cdot 10^{-3}$	1	0
13	a_i	0	0	0	$0,846 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$10,91 \cdot 10^{-10}$	$2,44 \cdot 10^{-6}$	$2,364 \cdot 10^{-3}$	1	0
14	a_i	0	0	0	$0,846 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$3,357 \cdot 10^{-10}$	$1,154 \cdot 10^{-6}$	$1,678 \cdot 10^{-3}$	1	0
15	a_i	0	0	0	$0,726 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$1,035 \cdot 10^{-10}$	$0,546 \cdot 10^{-6}$	$1,205 \cdot 10^{-3}$	1	0
16	a_i	0	0	0	$1,034 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$15,56 \cdot 10^{-10}$	$3,482 \cdot 10^{-6}$	$3,128 \cdot 10^{-3}$	1	0
17	a_i	0	0	0	$0,68 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$5,196 \cdot 10^{-10}$	$1,76 \cdot 10^{-6}$	$2,164 \cdot 10^{-3}$	1	0
18	a_i	0	0	0	$1,034 \cdot 10^{-3}$	1
	b_i	$7,3 \cdot 10^{-10}$	$2,269 \cdot 10^{-6}$	$2,543 \cdot 10^{-3}$	1	0

Вар.	Коеф.	індекс				
		4	3	2	1	0
19	a _i	0	0	0	0,846*10 ⁻³	1
	b _i	4,716*10 ⁻¹⁰	1,78*10 ⁻⁶	2,312*10 ⁻³	1	0
20	a _i	0	0	0	1,034*10 ⁻³	1
	b _i	9,623*10 ⁻¹⁰	3,267*10 ⁻⁶	2,824*10 ⁻³	1	0
21	a _i	0	0	0	1,496*10 ⁻³	1
	b _i	7,762*10 ⁻¹⁰	2,195*10 ⁻⁶	2,277*10 ⁻³	1	0
22	a _i	0	0	0	0,846*10 ⁻³	1
	b _i	1,342*10 ⁻¹⁰	0,622*10 ⁻⁶	1,328*10 ⁻³	1	0
23	a _i	0	0	0	0,43*10 ⁻³	1
	b _i	7,27*10 ⁻¹⁰	1,983*10 ⁻⁶	2,024*10 ⁻³	1	0
24	a _i	0	0	0	1,02*10 ⁻³	1
	b _i	1,035*10 ⁻¹⁰	0,522*10 ⁻⁶	1,162*10 ⁻³	1	0
25	a _i	0	0	0	0,846*10 ⁻³	1
	b _i	7,075*10 ⁻¹⁰	2,081*10 ⁻⁶	2,21*10 ⁻³	1	0
26	a _i	0	0	0	0,56*10 ⁻³	1
	b _i	5,196*10 ⁻¹⁰	1,698*10 ⁻⁶	2,08*10 ⁻³	1	0
27	a _i	0	0	0	0,68*10 ⁻³	1
	b _i	1,886*10 ⁻¹⁰	0,930*10 ⁻⁶	1,751*10 ⁻³	1	0
28	a _i	0	0	0	0,726*10 ⁻³	1
	b _i	1,348*10 ⁻¹⁰	0,747*10 ⁻⁶	1,438*10 ⁻³	1	0
29	a _i	0	0	0	0,846*10 ⁻³	1
	b _i	3,199*10 ⁻¹⁰	1,399*10 ⁻⁶	2,084*10 ⁻³	1	0
30	a _i	0	0	0	1,496*10 ⁻³	1
	b _i	7,3*10 ⁻¹⁰	1,924*10 ⁻⁶	2,204*10 ⁻³	1	0
31	a _i	0	0	0	0,43*10 ⁻³	1
	b _i	4,716*10 ⁻¹⁰	1,503*10 ⁻⁶	2,04*10 ⁻³	1	0
32	a _i	0	0	0	1,02*10 ⁻³	1
	b _i	3,584*10 ⁻¹⁰	1,316*10 ⁻⁶	1,842*10 ⁻³	1	0
33	a _i	0	0	0	1,02*10 ⁻³	1
	b _i	3,357*10 ⁻¹⁰	1,302*10 ⁻⁶	1,882*10 ⁻³	1	0
34	a _i	0	0	0	0,846*10 ⁻³	1
	b _i	1,988*10 ⁻¹⁰	0,988*10 ⁻⁶	1,654*10 ⁻³	1	0
35	a _i	0	0	0	1,496*10 ⁻³	1
	b _i	4,867*10 ⁻¹⁰	1,809*10 ⁻⁶	2,287*10 ⁻³	1	0
36	a _i	0	0	0	0,56*10 ⁻³	1
	b _i	4,474*10 ⁻¹⁰	1,83*10 ⁻⁶	2,266*10 ⁻³	1	0
37	a _i	0	0	0	1,034*10 ⁻³	1
	b _i	7,075*10 ⁻¹⁰	2,22*10 ⁻⁶	2,414*10 ⁻³	1	0

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту спеціаліста “Моделювання автоматизованого електроприводу верстатного обладнання з аналоговою системою управління“, для студентів спец. 7092501 денної та заочної форм навчання

Укладачі

ШИШЕНКО Леонід Опанасович
ЕНІКССВ Олександр Фанілович
ПРИХОДЬКО Ольга Юріївна

Відповідальний за випуск
Роботу рекомендував до видання

Ю.В. Тимофієв
О.М. Шелковий

У авторській редакції

План 2006 р., п. 134 /

Підписано до друку
Папір друк № 2. Гарнітура Таймс.
Ум. друк. арк. 1,4.
Наклад 100 прим. Зам.

Формат 60 x 84 ^{1/16}
Друк – ризографія.
Обл. - вид. арк. 1,5.
Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ “ХПІ”, 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК №116 від 10.07.2000.
