

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний вищий навчальний заклад
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра автоматизації та комп'ютерних систем

ТЕОРІЯ СИСТЕМ

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни для студентів напрямку підготовки 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний вищий навчальний заклад
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ДІПЛОМАТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра автоматизації та комп'ютерних систем

ТЕОРІЯ СИСТЕМ

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни для студентів напрямку підготовки 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Дніпро
"....."НГУ
2017

Теорія систем. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Автори: М.М. Трипутень, В.Є. Кириченко, Є.К. Воскобойник; М-во освіти і науки України, Нац. Гірн. Ун-т. – Д.:НГУ, 2017. – 36 с.

Автори:

М. М. Трипутень, канд. техн. наук, доц.

В.Є. Кириченко, канд. техн. наук, доц.

Є.К. Воскобойник, ас.

Затверджено методичною комісією з напряму підготовки 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» протокол №1 від 22.02.2017р.) за поданням кафедри автоматизації та комп'ютерних систем (протокол №13 від 22.02.2017р.).

Подано методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з теорії систем для фахівців напряму підготовки 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Відповідний за випуск завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерних систем, д-р техн. наук, проф. В.В. Ткачов

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

АНАЛІТИЧНЕ І СИСТЕМНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ

1.1. Мета роботи.

Поглиблення знань студентів при вивченні розділу “Функціональний опис і моделювання систем”.

У процесі виконання роботи студент повинен вміти:

- визначити елементи системи і їхній взаємний зв'язок;
- визначити числовий показник якості функціонування системи

без урахування впливу зовнішнього середовища;

- обчислити елементи системи із урахуванням зовнішнього впливу;
- моделювати систему в додатку SIMULINK ППП MatLAB;
- зробити висновки щодо аналітичного і системного методів дослідження об'єктів.

1.2. Вихідні дані

Вихідні дані для виконання роботи:

- структурні схеми автоматичних систем керування (рис. 1.1 і рис. 1.2);
- таблиця вихідних даних (табл. 1.1);
- ППП MatLAB для моделювання автоматичних систем на ЕОМ.

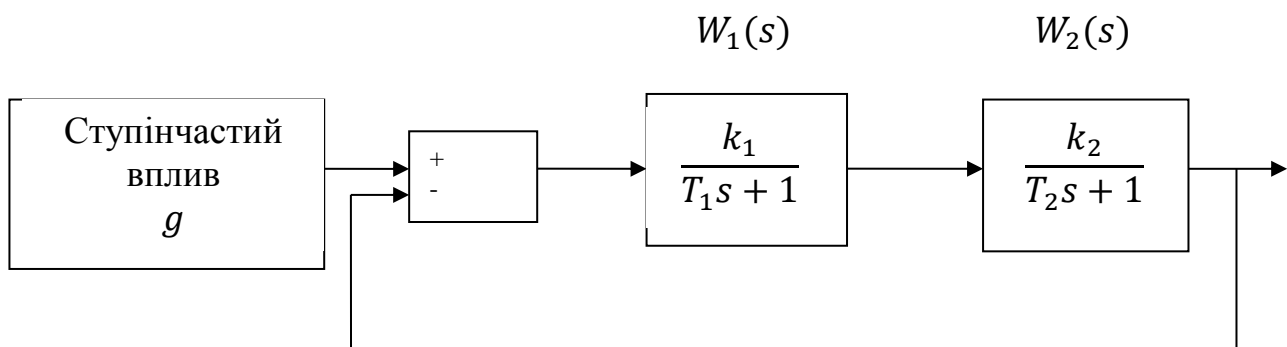


Рис. 1.1. Структурна схема системи без зовнішнього впливу

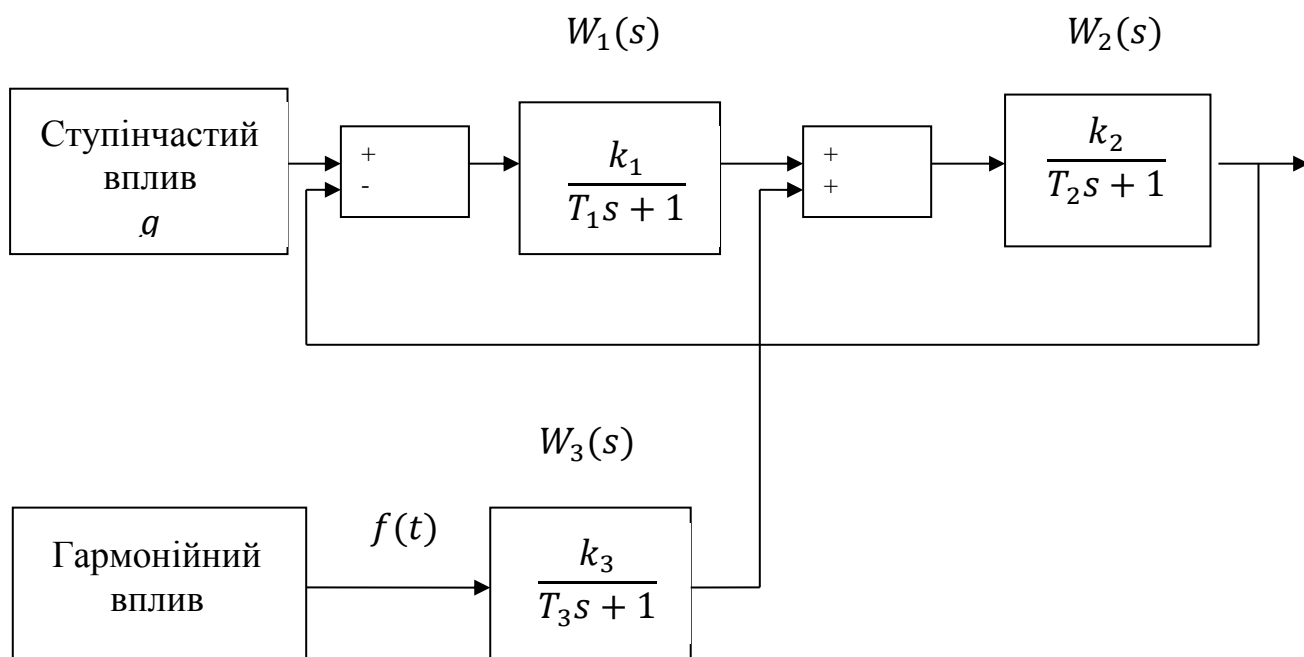


Рис. 1.2. Структурна схеми системи із зовнішнім впливом

Вихідні дані

Таблиця 1.1

Варіант №	Параметри системи					
	g	ε	k_3	T_1	T_2	T_3
1	1	0.1	2	1	3	4
2	2	0.2	4	2	4	3
3	3	0.3	6	3	1	2
4	4	0.4	8	2	2	1
5	5	0.3	1	1	3	2
6	4	0.2	3	3	1	3
7	3	0.1	5	2	2	4
8	2	0.3	7	1	4	3
9	1	0.5	1	2	5	3
10	2	0.2	2	4	3	4
11	3	0.4	4	3	2	4
12	4	0.1	5	2	3	1
13	5	0.4	3	1	1	1
14	4	0.2	4	2	3	2
15	3	0.3	6	3	4	3
16	2	0.1	2	4	2	4
17	1	0.2	5	3	1	1
18	2	0.4	7	2	3	5
19	3	0.2	4	1	3	2

Варіант №	Параметри системи					
	g	ε	k_3	T_1	T_2	T_3
20	4	0.1	1	4	4	3

1.3. Порядок виконання лабораторної роботи

При виконанні лабораторної роботи радимо дотримуватись такого порядку:

- скласти структурну схему системи без зовнішнього впливу;
- визначити загальний коефіцієнт підсилення системи для забезпечення заданої похибки;
- визначити коефіцієнти підсилення послідовно з'єднаних ланок системи;
- оцінити похибку системи методом моделювання у додатку SIMULINK ППП MatLAB;
- ввести в систему показники зовнішнього впливу, що змінюється за гармонічним законом, і оцінити похибку методом моделювання SIMULINK ППП MatLAB ;
- розрахувати передавальну функцію корегувального пристрою SIMULINK ППП MatLAB;
- скласти структурну схему системи із зовнішнім впливом і корегувальним пристроєм;
- оцінити похибку системи методом моделювання у додатку SIMULINK ППП MatLAB
- зробити висновки.

1.4. Методичні пояснення

Для пізнання оточуючого середовища людство застосовує аналітичний і системний методи.

В основі аналітичного методу лежить розкладання досліджуваного об'єкта на складові частини і виявлення їх впливу на нього. Також його можна охарактеризувати як метод мислення, оскільки явище, що вивчається, подумки роз'єднується на окремі частини. Це дозволяє дослідити їх більш точно, детально, конкретно, відповідно до поставленої задачі, абстрагуючись від зовнішніх зв'язків і випадкових впливів.

В основі системного методу лежить розгляд об'єкта як системи: цілісного комплексу взаємопов'язаних елементів. Сутність цього метода полягає в тому, що кожний об'єкт в процесі його дослідження повинен розглядатися як велика і складна система і, одночасно, як елемент ще більшої системи. Тому системний підхід є не стільки методом розв'язання задач, скільки методом постановки задач.

Порівнюючи два методи, можна зробити висновки, що системний підхід розглядає об'єкт як єдине ціле і є потужним інструментом під час дослідження,

в той самий час як аналітичний підхід розбиває об'єкт на окремі частини і аналізує їх окремо.

Розглянемо особливості застосування даних методів на прикладі.

Приклад 1.1. Визначити загальний коефіцієнт підсилення K системи автоматичного керування (рис. 1.1), для якого похибка ε не буде більшою ніж 0,1. Ввести в систему вплив $f(t)$ із навколишнього середовища (рис. 1.2), що змінюється за гармонічним законом і проходить через ланку з передавальною функцією $W_f(s) = \frac{3}{2s+1}$. Визначити похибку методом моделювання. Зробити висновок. Розрахувати передавальну функцію корегувального пристрою для компенсації введеного в систему впливу. Визначити похибку методом моделювання. Зробити висновок.

Вихідні дані: $g = 3$; $k_3 = 3$; $T_1 = 2$; $T_2 = 1$; $T_3 = 2$.

Розв'язання. Система автоматичного керування на рис. 1.1 є статичною із ступінчастим вхідним впливом. Для такої системи відомий зв'язок між похибкою ε і загальним коефіцієнтом підсилення K розімкненої частини:

$$\varepsilon = \frac{g}{1+K}$$

Тому:

$$\frac{g}{1+K} \leq 0,1.$$

Після перетворень останнього виразу дістанемо:

$$K \geq \frac{g}{0,1} - 1 = \frac{3}{0,1} - 1 = 29$$

Отже, загальний коефіцієнт підсилення має бути не менше ніж 29. Прийемо $K = 30$. Оскільки $K = K_1 K_2$ при послідовному з'єднанні ланок з передавальними функціями $W_1(s)$ і $W_2(s)$, то можемо прийняти $K_1 = 5$, $K_2 = 6$.

Перевіримо розрахунки методом моделювання системи автоматичного керування у додатку SIMULINK ППП MatLAB. Структурна схема системи наведена на рис. 1.3. На рис. 1.4 і 1.5 показано відповідно графіки перехідного процесу в цілому і частина перехідного процесу в усталеному режимі.

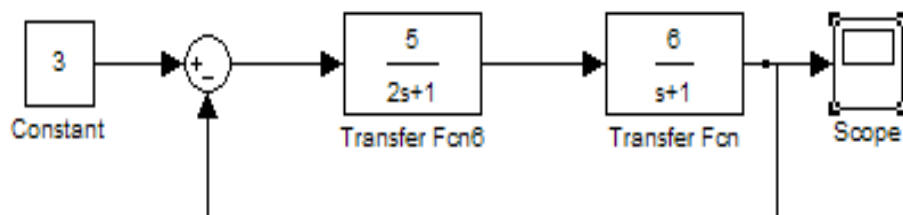


Рис. 1.3. Структурна схема досліджуваної системи

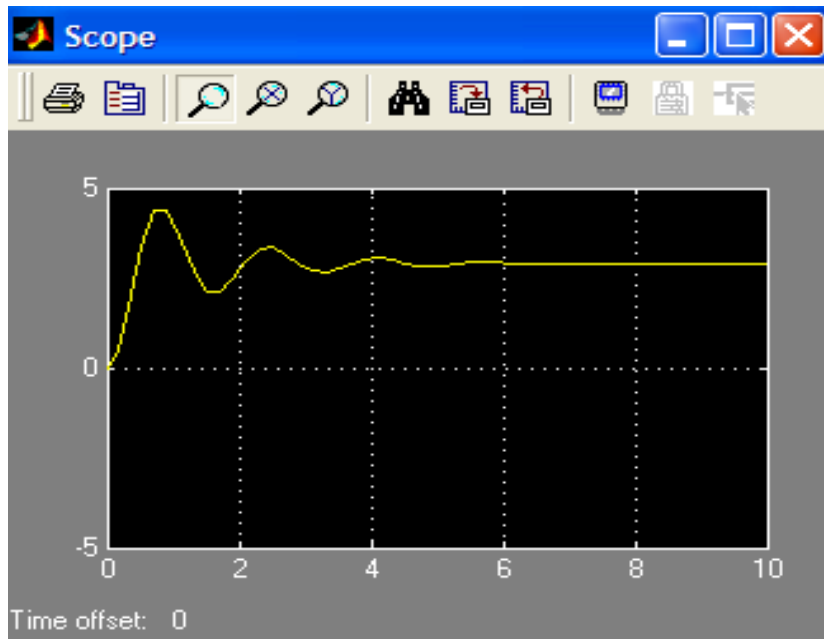


Рис. 1.4. Графік перехідного процесу

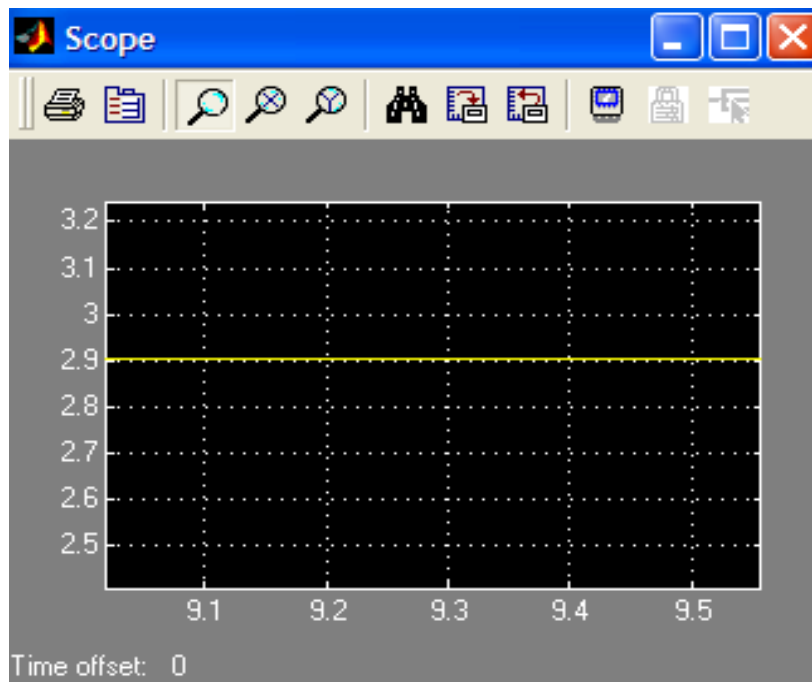


Рис. 1.5. Графік перехідного процесу в усталеному режимі

Із графіків на рис. 1.4 і 1.5 видно, що система автоматичного керування є стійкою, а похибка ε – меншою ніж 0,1.

Введемо в систему вплив $f(t)$ із навколишнього середовища, що змінюється за гармонічним законом і проходить через ланку з передавальною функцією $W_f(s) = \frac{3}{2s+1}$ (рис 2.6).

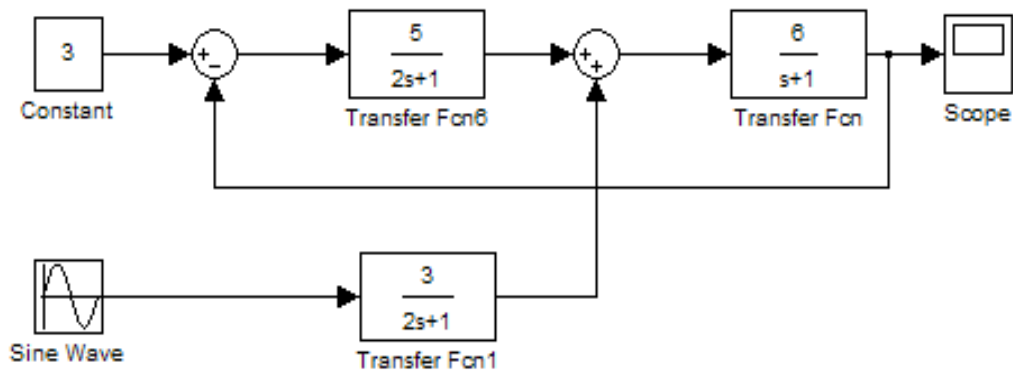


Рис. 1.6. Структурна схема системи із впливом від зовнішнього середовища

Виконаємо моделювання системи. На рис. 1.7 наведено графік перехідного процесу.

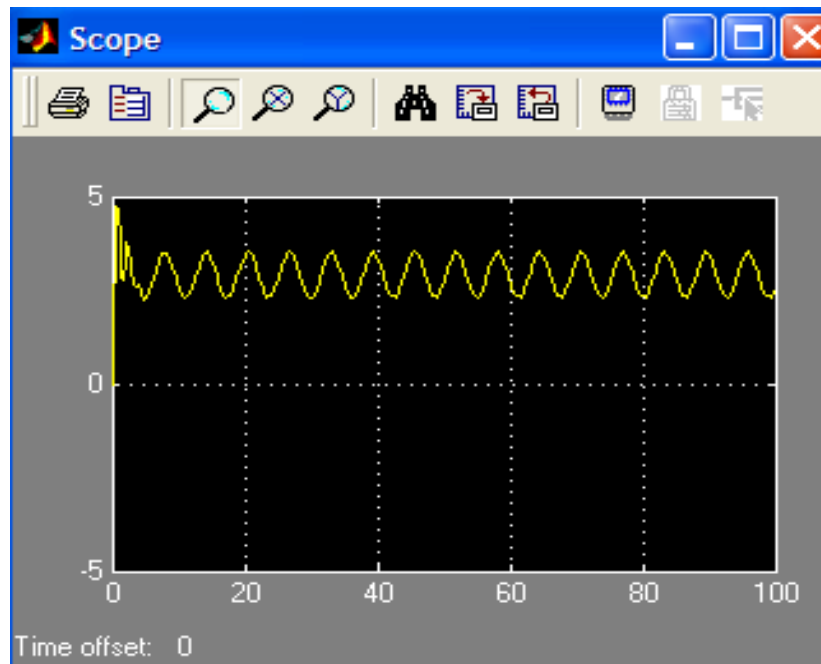


Рис. 1.7. Графік перехідного процесу в системі із зовнішнім впливом

Як видно із рис. 1.7, система знаходиться у стані динамічної рівноваги, а похибка ε залежить від часу. Така система не відповідає вимогам до неї.

Висновок. Розрахунок параметрів системи автоматичного керування без урахування її зв'язку із зовнішнім середовищем (аналітичний підхід) не дозволяє здійснити коректні розрахунки щодо поставленої задачі.

Розглянемо систему автоматичного керування як частину більшої системи, яка включає і елементи зовнішнього впливу (системний підхід). Як відомо із теорії автоматичного керування таке уявлення системи дозволяє визначити

передаточну функцію і спосіб підключення до системи додаткової ланки (корегувального пристрою), який повністю компенсує дію зовнішнього середовища. Передавальна функція такої ланки визначається наступним чином:

$$W_4(s) = \frac{W_f(s)}{W_1(s)} = \frac{\frac{3}{2s+1}}{\frac{5}{2s+1}} = 0,6.$$

Спосіб підключення даної ланки показано на рис. 1.8.

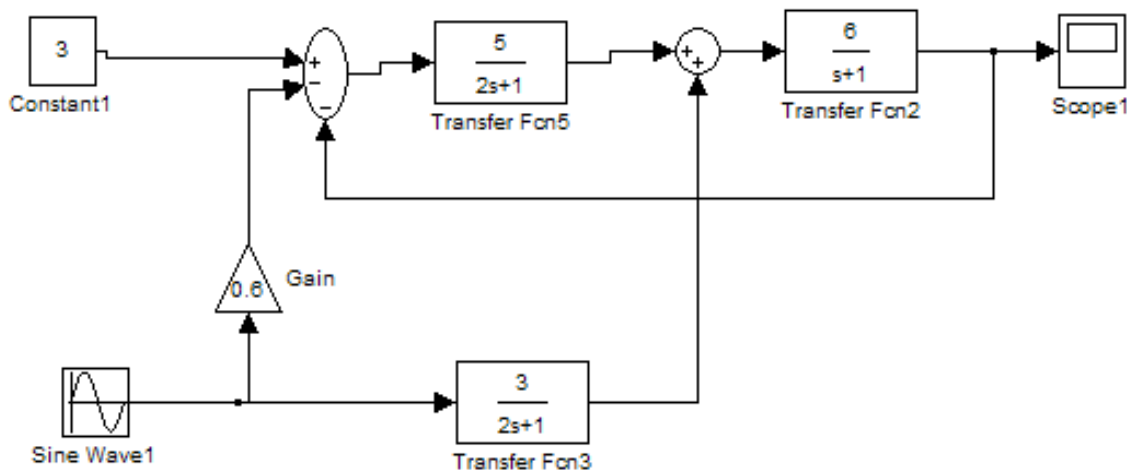


Рис. 1.8. Система автоматичного керування з корегувальним пристроєм

Графіки перехідних процесів в даній системі наведені відповідно на рис 1.9 і 1.10. Як видно, вони повністю збігаються із графіками на рис. 1.4 і 1.5.

Висновок. Розглядання системи автоматичного керування як цілісного об'єкту із урахуванням впливу зовнішнього середовища дозволив на відміну від аналітичного підходу розв'язати поставлену задачу і забезпечити задану похибку в системі.



Рис. 1.9. Графік перехідного процесу

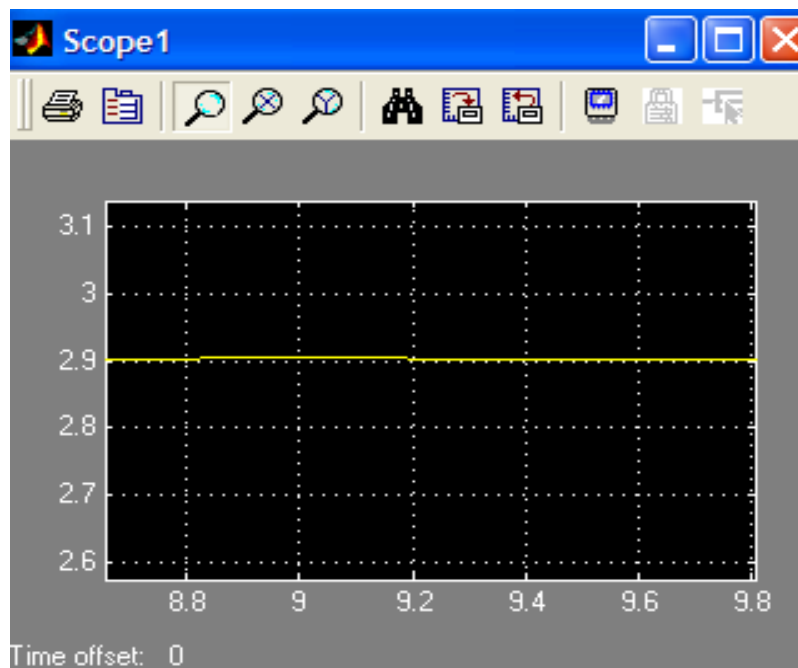


Рис. 1.10. Графік перехідного процесу в усталеному режимі

1.5. Склад звіту:

- вихідні дані;
- структурні схеми для моделювання систем без зовнішнього впливу і з зовнішнім впливом;

- аналітичні розрахунки;
- графіки перехідних процесів в досліджуваних системах;
- висновки.

1.6. Контрольні запитання

1. Що таке "система"?
2. Що таке "об'єкт"?
3. Що таке "зовнішнє середовище"?
4. Що таке "компонент" системи?
5. Що таке "елемент" системи?
6. Що таке "структура" системи?
7. Що розуміють під зв'язками системи?
8. Які види зв'язків в системі Вам відомі?
9. Що таке "критерій" і "ефективність" системи?
10. Що розуміють під входом і виходом системи?
11. Що розуміють під проблемою в системі?
12. Що таке "стан" системи?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТІ ЕМЕРДЖЕНТНОСТІ СИСТЕМ

2.1. Мета роботи.

Поглиблення знань студентів при вивченні розділу "Властивості систем".

У процесі виконання роботи студент повинен вміти:

- з'єднати динамічні елементи для утворення САК;
- визначити передавальну функцію САК;
- оцінити стійкість САК;
- визначити значення вихідної величини в окремих динамічних елементах і САК в усталеному режимі при ступінчастому вхідному впливі; елементів;
- зробити висновки щодо причин виникнення властивості САК, яка несприятлива її окремим елементам.

2.2. Вихідні дані

Вихідні дані для виконання роботи:

- динамічні ланки і їхні параметри (рис. 2.1а – рис. 2.1г, табл. 2.1);
- структурні схеми систем, складені із динамічних ланок (рис. 2.2);
- ППП MatLAB для моделювання автоматичних систем на ЕОМ.

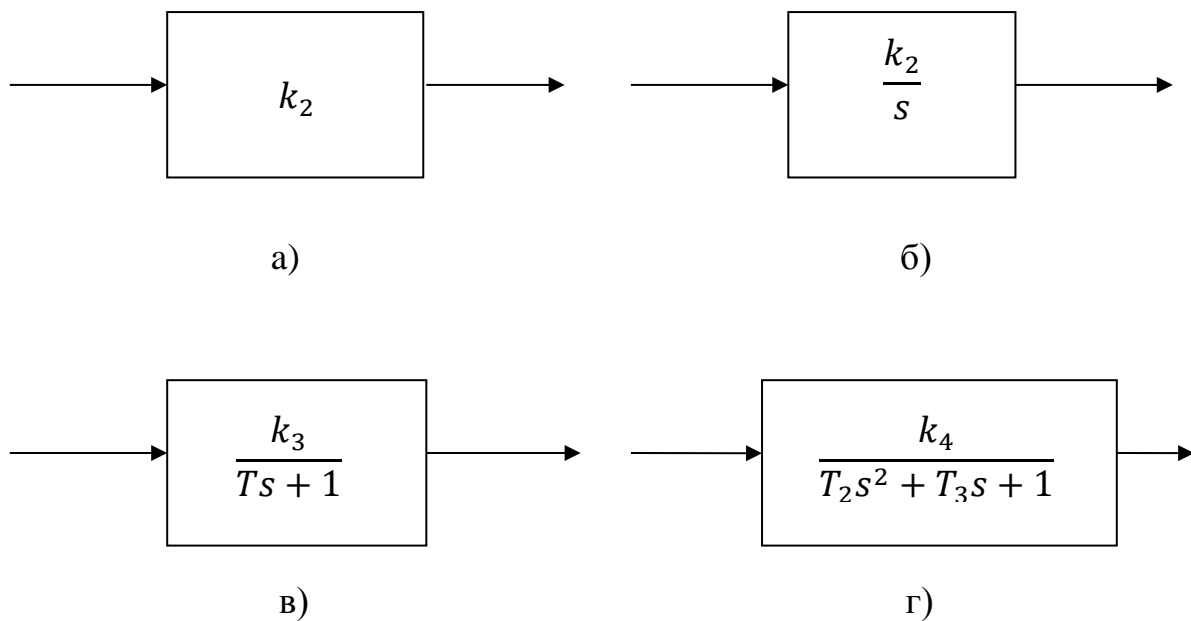


Рис. 2.1. Динамічні ланки:
 а) підсилювальна;
 б) інтегральна;
 в) аперіодична;
 г) коливальна.

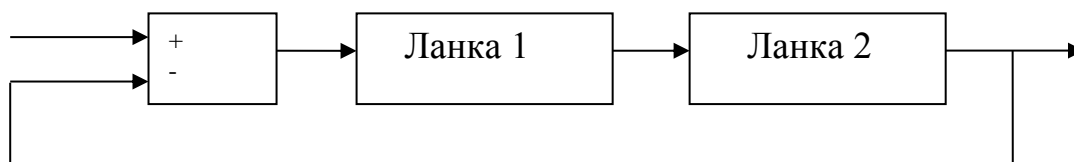


Рис. 2.2. Структурна схема системи

Вихідні дані

Таблиця 2.1

Варіант №	Динамічні ланки			
	Підсилювальна ланка, k_1	Інтегральна ланка, k_2	Аперіодична ланка, $k_3; T_1$	Аперіодична ланка другого порядку, $k_4; T_2; T_3$
1	2	3	-	-
2	-	8	8; 4	-
3	-	6	-	1; 2; 1
4	6	2	-	-

Варіант №	Динамічні ланки			
	Підсилювальна ланка, k_1	Інтегральна ланка, k_2	Аперіодична ланка, $k_3; T_1$	Аперіодична ланка другого порядку, $k_4; T_2; T_3$
5	-	7	9; 5	-
6	4	5	-	-
7	-	8	-	0,8; 2; 4
8	-	4	4; 9	-
9	5	9	-	-
10	-	6	-	4; 0,2; 0,5
11	-	3	-	2; 2; 0,4
12	-	5	5; 7	-
13	4	2	-	-
14	-	7	-	1,5; 0,8; 0,5
15	-	4	5; 8	-
16	-	9	9; 3	-
17	2	6	-	-
18	-	3	-	0,4; 2; 5
19	-	5	-	0,2; 10; 2
20	3	2	-	-

2.3. Порядок виконання лабораторної роботи

При виконанні лабораторної роботи радимо дотримуватись такого порядку:

- скласти структурну схему системи із заданих ланок;
- подати на входи заданих динамічних ланок і системи окремо ступінчастий вхідний вплив;
- визначити передавальну функцію системи;
- оцінити стійкість системи;
- визначити передавальні функції і вихідні величини для усталеного режиму;
- виконати моделювання динамічних ланок і системи при вхідному ступінчастому впливі в додатку SIMULINK ППП MatLAB;
- зробити висновки.

2.4. Методичні пояснення

Система – це множина елементів, які знаходяться у певних відношеннях або зв'язках один з одним, утворюючи цілісність або органічну єдність. Із визначення “системи” випливає, що головною її властивістю є цілісність, єдність, які досягаються за допомогою певних взаємозв'язків і взаємодій елементів системи і сприяють виникненню нових властивостей, якими окремі елементи системи не володіють. Називається вона емерджентністю.

Емерджентність – це властивість систем, що обумовлює появу нових властивостей і якостей, які не властиві елементам, котрі входять до складу системи.

Так, в механіці за допомогою балки і точки опору (двох елементів) шляхом їх з'єднання (певної взаємодії) утворюють важіль, якій дозволяє у багато разів підсилити людську силу. Різноманітні з'єднання карбону і гідрогену в хімії приводять до виникнення органічних речовин із властивостями, які не мають вказані хімічні елементи. В біології чоловіча і жіноча особини мають свої індивідуальні властивості. Але тільки при їх з'єднанні виникає можливість продовження роду.

Розглянемо виникнення нових властивостей у системі автоматичного управління.

Приклад 2.1. Довести появу нових властивостей у системи, утвореної з'єднанням інтегральної ланки з передавальною функцією $W_1(s) = \frac{1}{s}$ і аперіодичної ланки другого порядку з передавальною функцією $W_2(s) = \frac{0,2}{15s^2+8s+1}$.

Розв'язання. Складемо структурну схему системи із елементів з передавальними функціями $W_1(s)$ і $W_2(s)$ згідно з рис. 2.2. Подамо на входи заданих динамічних ланок і системи ступінчастий вхідний вплив:

$$\begin{cases} u = 0, \text{ при } t < 0 \\ u = 5, \text{ при } t \geq 0 \end{cases}$$

Структурні схеми досліджуваних структур наведені на рис. 2.3 – 2.5.

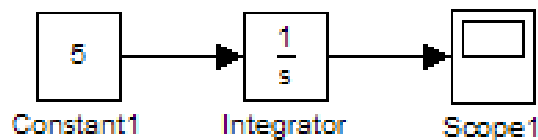


Рис. 2.3. Структурна схема дослідження інтегральної ланки

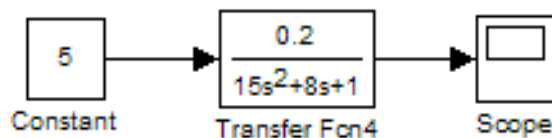


Рис. 2.4. Структурна схема дослідження аперіодичної ланки другого порядку

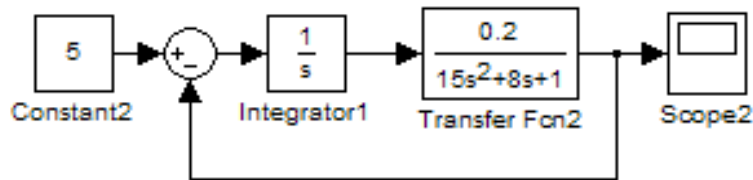


Рис. 2.5. Структурна схеми дослідження системи

Покажемо, що на відміну від інтегральної і аперіодичної ланки другого порядку, система на рис. 2.5 може виконувати функцію стабілізації. Для цього визначимо передавальну функцію системи і оцінимо її стійкість.

Передавальна функція системи має вигляд:

$$W_3(s) = \frac{W(s)_1 \times W(s)_2}{1 + W(s)_1 \times W(s)_2}$$

$$W_3(s) = \frac{\frac{1}{s} \times \frac{0,2}{15s^2 + 8s + 1}}{1 + \frac{1}{s} \times \frac{0,2}{15s^2 + 8s + 1}} = \frac{0,2}{15s^3 + 8s^2 + s + 0,2}$$

Оцінимо стійкість системи за критерієм Гурвіца. Складемо матрицю коефіцієнтів Гурвіца:

$$\begin{pmatrix} 8 & 0,2 & 0 \\ 15 & 1 & 0 \\ 0 & 8 & 0,2 \end{pmatrix}$$

Визначник першого порядку $\Delta_1 = 8 > 0$.

Визначник другого порядку $\Delta_2 = 8 \times 1 - 15 \times 0,2 = 5 > 0$.

Визначник третього порядку $\Delta_3 = \Delta_2 \times 0,2 = 5 \times 0,2 = 1 > 0$.

Всі визначники додатні. Отже система стійка.

Визначимо закони змін величини $y_i(s)$ ($i = 1, 2, 3$ – кількість досліджуваних структур) на виходах досліджуваних динамічних ланок і системи, наведених на рис. 2.3 – 2.5 відповідно. Маємо:

$$y_1(s) = 5 \times W_1(s) = 5 \times \frac{1}{s}$$

$$y_2(s) = 5 \times W_2(s) = 5 \times \frac{0,2}{15s^2 + 8s + 1}$$

$$y_3(s) = 5 \times W_3(s) = 5 \times \frac{0,2}{15s^3 + 8s^2 + s + 0,2}$$

В усталеному режимі (при $s \rightarrow 0$) передавальні функції матимуть вигляд: $W_1(s \rightarrow \infty) = \infty$, $W_2(s \rightarrow \infty) = 0,2$, $W_3(s \rightarrow \infty) = 1$, а вихідні величини:

$$y_{1\text{уст}}(s \rightarrow 0) = 5 \times W_1(s \rightarrow 0) = 5 \times \infty = \infty,$$

$$y_{2\text{уст}}(s \rightarrow 0) = 5 \times W_2(s \rightarrow 0) = 5 \times 0,2 = 1,$$

$$y_{3\text{уст}}(s \rightarrow 0) = 5 \times W_3(s \rightarrow 0) = 5 \times 1 = 5.$$

Із розрахунків випливає, що тільки передавальна функція системи для усталеного режиму дорівнює 1. А це і означає, що усталене значення вихідної величини і вхідного ступінчастого впливу мають бути однакові. Тобто система, на відміну від динамічних ланок, із яких вона складається, набула нової властивості – функції стабілізації.

Наведені розрахунки перевіримо методом моделювання досліджуваних ланок і системи в додатку SIMULINK ППП MatLAB. Перехідні процеси в досліджуваних ланках і схемі наведені на рис. 2.6 – 2.8.

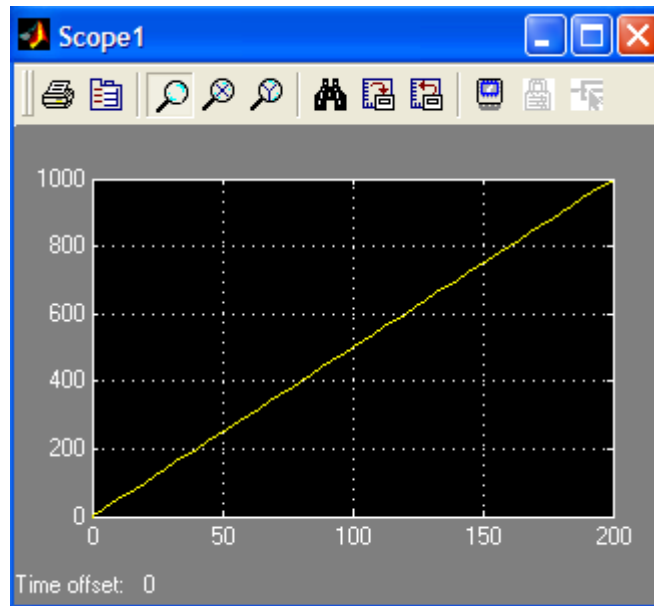


Рис. 2.6. Перехідний процес на виході інтегрувальної ланки

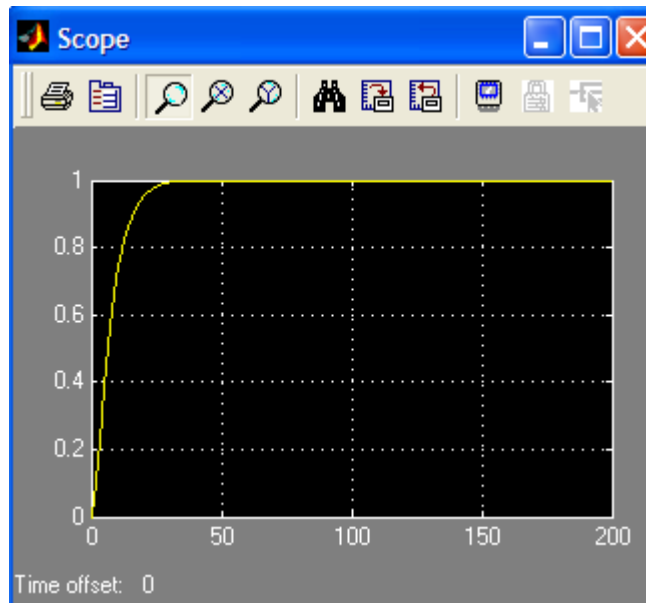


Рис. 2.7. Перехідний процес на виході аперіодичної ланки другого порядку

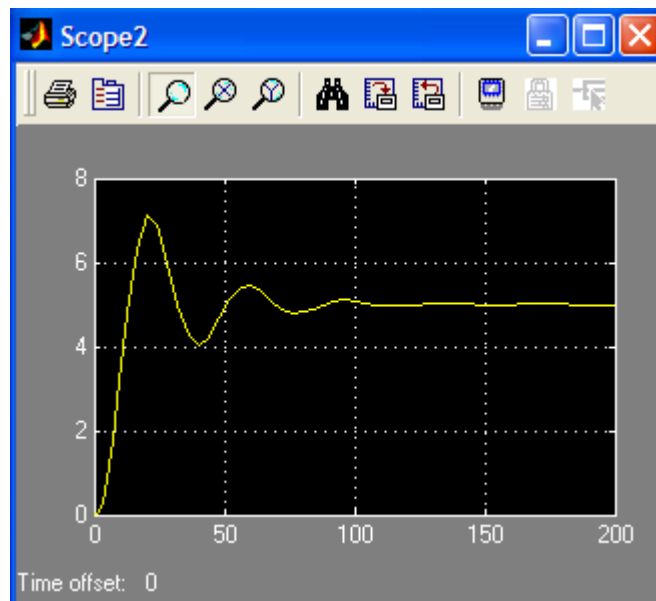


Рис. 2.8. Перехідний процес на виході системи

Результати моделювання повністю збігаються з аналітичними розрахунками. Це є додатковим підтвердженням щодо набуття системою властивості – функції стабілізації. Динамічні ланки, із яких складається ця система, такою властивістю володіють.

Система відрізняється від окремо заданих динамічних ланок лише способом їх з'єднання – структурою. Це і є причиною виникнення у системі нової властивості.

2.5. Склад звіту:

- вихідні дані;
- структурні схеми для моделювання динамічних ланок і системи;
- аналітичні розрахунки;
- графіки перехідних процесів в досліджуваних ланках і системі;
- висновки.

1.6. Контрольні запитання

1. Що таке система?
2. Які системні уявлення використовуються при дослідженні систем?
3. Які поняття, пов'язані з системою, Ви знаєте?
4. Які функції систем Ви знаєте?
5. Які функції виконують в системі прямі і зворотні зв'язки?
6. Що таке емерджентність?
7. Які властивості систем Ви знаєте?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ОПИСУ СИСТЕМИ

3.1. Мета роботи.

Поглиблення знань студентів при вивченні розділу "Функціональний опис систем".

У процесі виконання роботи студент повинен вміти:

- представити досліджуваний процес як систему;
- визначити елементи системи;
- визначити зв'язки між елементами системи;
- визначити цільову функцію;
- виконати декомпозицію цільової функції;
- скласти функціональний опис системи у вигляді дерева функцій;
- зробити висновки щодо застосування функціонального опису системи.

3.2. Вихідні дані

Вихідні дані для виконання роботи:

- модель процесу подрібнення – $Q = 8,05\gamma_{+100} - 9,14 \times 10^{-2}(\gamma_{+100})^2 - 129,2$;
- модель процесу дроблення $\gamma_{+100} = 22 + 0,14d_{cp} + 0,3T$;
- модель перетворення гранулометричного складу руди до середньої крупності $d_{cp} = \frac{\sum_{k=1}^5 \gamma_k d_k}{100}$;

- таблиця вихідних даних (табл. 3.1);
- ППП MatLAB, MATHCAD для моделювання автоматичних систем на ЕОМ.

Вихідні дані

Таблиця 3.1

№ п/п	Базові значення класів крупності				Інтервали зміни вхідних параметрів			
	$Y_{100-200}$	$Y_{200-400}$	$Y_{400-800}$	Y_{+800}	$\Delta Y_{100-200}$	$\Delta Y_{200-400}$	$\Delta Y_{400-800}$	ΔY_{+800}
1	19,5	20,1	6,3	3,1	0,5	0,5	1,0	1,0
2	19,0	20,4	6,1	2,9	0,6	0,4	1,2	0,8
3	18,5	20,6	5,9	2,7	0,5	0,6	0,8	1,2
4	18,0	20,9	5,7	2,1	0,4	0,5	1,0	1,0
5	18,3	21,2	5,5	2,5	0,6	0,4	1,2	0,8
6	18,6	21,4	6,5	2,3	0,5	0,6	0,8	1,2
7	18,9	21,7	6,7	3,1	0,4	0,5	1,0	1,0
8	20,4	21,9	6,9	2,9	0,6	0,4	1,2	0,8
9	20,8	22,4	6,3	2,7	0,5	0,6	0,8	1,2
10	20,5	22,1	6,1	2,1	0,4	0,5	1,0	1,0
11	20,2	21,8	5,9	2,5	0,6	0,4	1,2	0,8
12	19,9	21,6	5,7	2,3	0,5	0,6	0,8	1,2
13	19,6	21,3	5,5	3,1	0,4	0,5	1,0	1,0
14	19,3	21,1	6,5	2,9	0,6	0,4	1,2	0,8
15	19,1	20,9	6,7	2,7	0,5	0,6	0,8	1,2
16	19,0	20,7	6,9	2,1	0,4	0,5	1,0	1,0
17	18,1	20,5	6,3	2,5	0,6	0,4	1,2	0,8
18	18,4	20,3	6,1	2,3	0,5	0,6	0,8	1,2
19	18,7	20,1	5,9	3,1	0,4	0,5	1,0	1,0
20	18,9	20,0	5,7	2,9	0,5	0,4	1,2	0,8

3.3. Порядок виконання лабораторної роботи

При виконанні лабораторної роботи радимо дотримуватись такого порядку:

- представити технологічний процес у вигляді системи;
- визначити елементи системи;
- визначити зв'язки між елементами системи;
- визначити цільову функцію;
- виконати декомпозицію цільової функції за методом планованого експерименту з "кроковим" вивченням поверхні відгуку;
- скласти функціональний опис у вигляді дерева функцій;
- зробити висновки.

3.4. Методичні пояснення

Вивчення будь-якої системи припускає побудову її моделі. Опис системи зазвичай виконують з трьох точок зору: функціональної, морфологічної та інформаційної.

Функціональний опис необхідний для того, щоб усвідомити важливість системи, визначити її місце, оцінити відношення з іншими системами. Він виходить із того, що будь-яка система виконує деякі функції. Визначення ж функцій системи залежить від точки зору того, хто її оцінює.

Функціонування системи може описуватися числовим функціоналом. Він залежить від функцій, що описують внутрішні процеси системи, або якісного функціонала. Якщо кількісно і якісно ведеться опис діяльності системи, то говорять про функціонал ефективності.

Функціональна організація може бути описана:

- алгоритмічно;
- аналітично;
- графічно;
- за допомогою таблиць;
- за допомогою часових діаграм функціонування;
- вербально.

Опис має відповідати концепції розвитку систем конкретного класу і задовольняти деяким вимогам:

- має бути відкритим і допускати можливість розширення (звуження) спектра функцій, які реалізуються системою;
- мати можливість переходу від одного рівня розглядання до іншого, тобто забезпечувати побудову віртуальних моделей систем будь-якого рівня.

Дуже часто під час аналізу і синтезу систем використовується графічний опис, наприклад, формується дерево функцій системи.

Всі функції, які реалізуються складною системою, можуть бути умовно розподілені на три групи:

- цільова функція;
- базисні функції системи;
- додаткові функції системи.

Опис об'єкту на мові функцій зображується у вигляді графа. Причому формулювання функції всередині вершин графа має містити 2 слова: дієслово і іменник "Робити що".

Дерево функцій системи являє собою декомпозицію її функцій і формулюється з метою детального дослідження функціональних можливостей системи і аналізу сукупності функцій, які реалізуються на різних рівнях ієрархії системи. На базі дерева функцій системи здійснюється формування її структури на основі функціональних модулів. В подальшому структура на основі таких модулів покривається конструктивними модулями (для технічних систем), або організаційними модулями (для організаційно-технічних систем). Таким чином,

етап формування дерева функцій є одним із найвідповідальнішим як при аналізі, так і при синтезі системи.

Вихідними даними для формування дерева функцій є основні і додаткові функції системи.

Формування дерева функцій являє собою процес декомпозиції цільової функції і множини основних і додаткових функцій на більш прості функції, які реалізуються на наступних рівнях декомпозиції. При цьому кожна із функцій конкретно взятого i -рівня може розглядатися як макрофункція по відношенню до функцій, які її реалізують на $(i+1)$ рівні і як елементарна функція по відношенню до відповідної функції $(i-1)$ рівня.

Розглянемо визначення і застосування функціонального опису системи для розв'язання задачі керування об'єктом на прикладі.

Приклад 3.1. Скласти функціональний опис у вигляді дерева функцій ділянки технологічної лінії гірничозбагачувального комбінату, яка містить процеси крупнокускового дроблення і подрібнення першої стадії і працює за технологією самоподрібнення руд. Технологічна ділянка має забезпечити максимальну продуктивність процесу подрібнення.

Вихідні дані:

- залежність продуктивності процесу подрібнення Q (т/год) від вмісту класу γ_{+100} (%) в подрібненій руді (на вході млина самоподрібнення):

$$Q = 9,07\gamma_{+100} - 7,96 \times 10^{-2}(\gamma_{+100})^2 - 130,6 ; \quad (3.1)$$

- залежність вмісту класу γ_{+100} (%) в подрібненій руді (на вході млина самоподрібнення) від середньої крупності руди d_{cp} (мм) на виході дробарки і міцності руди T (за шкалою Протодьяконова):

$$\gamma_{+100} = 24 + 0,16d_{cp} + 0,2T ; \quad (3.2)$$

- залежність середньої крупності руди d_{cp} (мм) на виході дробарки від гранулометричного складу руди на вході дробарки $\vec{\gamma}(\gamma_{-100}, \gamma_{100-200}, \gamma_{200-400}, \gamma_{400-800}, \gamma_{+800})$ і середнього діаметру \vec{d} -го класу крупності $\vec{d}(50, 150, 300, 600, 1000)$:

$$d_{cp} = \frac{\sum_{k=1}^5 \gamma_k d_k}{100} ; \quad (3.3)$$

$$\sum_{k=1}^5 \gamma_k = 100 ; \quad (3.4)$$

- базові значення вхідних величин: $\gamma_{100-200} = 19,84\%$; $\gamma_{200-400} = 20,42\%$; $\gamma_{400-800} = 6,15\%$; $\gamma_{+800} = 3,47\%$; $T = 7,77$ шк. Протодьяконова ;
- інтервали варіювання вхідних величин: $\Delta\gamma_{100-200} = 0,5\%$; $\Delta\gamma_{200-400} = 0,5\%$; $\Delta\gamma_{400-800} = 1\%$; $\Delta\gamma_{+800} = 1\%$; $\Delta T = 0,5$ шк. Протодьяконова ;
- базове значення γ_{-100} розраховується виходячи із умови (3.4);
- наведені залежності відповідають номінальним режимам роботи технологічних агрегатів.

Розв’язання. За умови задачі цільова функція має вигляд $Q \rightarrow \max$. Представимо технологічні процеси дроблення і подрібнення у вигляді системи (рис. 3.1) і виконаємо декомпозицію цільової функції.

Декомпозицію цільової функції здійснимо за методом планованого експерименту з ”кроковим “ вивченням поверхні відгуку. Він нагадує відомий градієнтний метод оптимізації, але на відміну від нього, у даному випадку використовується метод градієнта у сполученні з дробовим факторним експериментом. Градієнт шуканої функції матиме вигляд:

$$\Delta Q = \frac{\partial Q}{\partial \gamma_{100-200}} i + \frac{\partial Q}{\partial \gamma_{200-400}} j + \frac{\partial Q}{\partial \gamma_{400-800}} k + \frac{\partial Q}{\partial \gamma_{+800}} l + \frac{\partial Q}{\partial T} m; \quad (3.5)$$

де i, j, k, l, m – одиничні вектори у напрямі координатних осей.

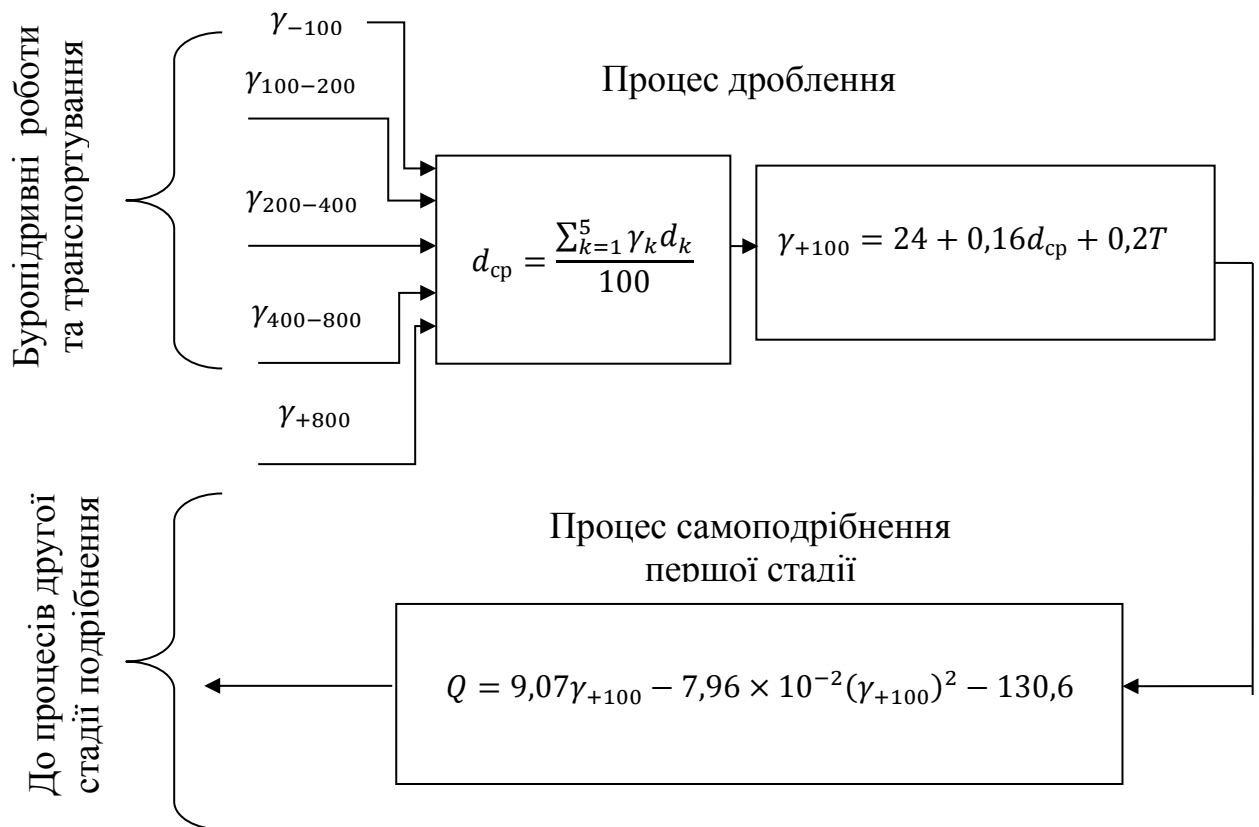


Рис. 3.1. Представлення технологічних процесів дроблення і подрібнення у вигляді системи

Якщо поверхня відгуку локально може бути описана лінійним рівнянням, то часткові похідні будуть дорівнювати коефіцієнтам регресії a_i, a_j, a_k, a_l, a_m . Тоді для руху у напрямі градієнта необхідно незалежні змінні $Y_{100-200}, Y_{200-400}, Y_{400-800}, Y_{+800}, T$ змінювати пропорційно величинам відповідних коефіцієнтів регресії з урахуванням їх знаку. При цьому кожна із змінних величин в умовах експерименту повинна бути пропорційна добутку відповідного коефіцієнту регресії на інтервал варіювання.

У збагачувальній промисловості проведення планового експерименту у багатьох випадках в реальних умовах неможливе внаслідок великих трудових та фінансових витрат. Але, якщо відомими є моделі будь-якої складності елементів технологічного процесу, то плановий експеримент можна провести на ЕОМ.

Визначимо коефіцієнти регресії за допомогою дробового планового експерименту, скориставшись матрицею планування з реплікою 2^{5-2} і узагальнюючим контрастом $I = -Y_{100-200}Y_{200-400}Y_{+800}$. Матриця планування наведена в табл. 3.2. Розрахунки виконані в середовищі MATHCAD.

Матриця планування

Таблиця 3.2

Вхідні величини	$Y_{100-200}$	$Y_{200-400}$	$Y_{400-800}$	Y_{+800}	T	Q
Базові значення	19,84	20,42	6,15	3,47	7,77	
Інтервал варіювання	0,5	0,5	1	1	0,5	
Верхній рівень	20,34	20,97	7,15	4,47	8,27	
Нижній рівень	19,34	19,92	5,15	2,47	7,27	
Матриця планування	+	+	+	-	+	125,63
	-	+	+	+	-	125,46
	+	-	+	+	-	125,23
	-	-	+	-	+	125,12
	+	+	-	-	-	123,70
	-	+	-	+	+	123,93
	+	-	-	+	+	123,64
	-	-	-	-	-	123,02

Значення продуктивності Q у кожному експерименті розраховано за формулами (3.1) – (3.3), а значення Y_{-100} – за формулою (3.4).

За даними експериментів розраховані коефіцієнти регресії згідно з формулою:

$$a_p = \frac{1}{8} \sum_{u=1}^8 x_{u,p} Q_u; \quad (3.6)$$

Тут: a_p ($p = \overline{1,5}$) – коефіцієнти регресії a_i, a_j, a_k, a_l, a_m лінійних рівнянь; $x_{u,p}$ ($u = \overline{1,8}; p = \overline{1,5}$) – значення вхідних величин $\gamma_{100-200}, \gamma_{200-400}, \gamma_{400-800}, \gamma_{+800}, T$, зведених до інтервалу $[-1; +1]$.

В табл. 3.3 наведені коефіцієнти регресії a_p і значень приросту базових вхідних величин в додаткових серіях експериментів.

Результати планованого експерименту

Таблиця 3.3

Вхідні величини	$\gamma_{100-200}$	$\gamma_{200-400}$	$\gamma_{400-800}$	γ_{+800}	T
Коефіцієнти регресії a_p	0.08	0.21	0.89	0.1	0.11
Значення приросту	0.04	0.11	0.89	0.1	0.06

В табл. 3.4 наведено дані додаткової серії експериментів, які забезпечують рух у напрямку градієнта.

Додаткова серія експериментів

Таблиця 3.4

Додаткові досліді	$\gamma_{100-200}$	$\gamma_{200-400}$	$\gamma_{400-800}$	γ_{+800}	T	Q
1	19,38	20,03	6,04	2,57	7,33	126,97
2	19,42	20,14	6,93	2,67	7,39	127,39
3	19,46	20,25	7,82	2,77	7,45	127,66
4	19,50	20,36	8,71	2,87	7,51	127,77
5	19,54	20,47	9,60	2,97	7,57	127,72
6	19,58	20,58	10,49	3,07	7,63	127,51

Із даних табл. 3.4 випливає, що дослід 4 дав найкращий результат. Подальший рух у напрямку градієнта веде до зниження продуктивності процесу подрібнення Q . Отже оптимальні значення гранулометричного складу і міцності вхідної руди мають бути такими: $\gamma_{-100} = 48,56$; $\gamma_{100-200} = 19,50$; $\gamma_{200-400} = 20,36$; $\gamma_{400-800} = 8,71$; $\gamma_{+800} = 2,87$; $T = 7,51$. При цьому клас +100 мм руди на вході процесу подрібнення $\gamma_{+100} = 56,79\%$, а його продуктивність $Q = 127,77$ т/год.

За результатами розрахунків складемо функціональний опис у вигляді дерева функцій (рис.3.2). Даний функціональний опис системи дозволяє визначити заходи щодо керування ним, а також зберігає зв'язки із зовнішніми системами.

Висновок. Зображення технологічних процесів дроблення і подрібнення у вигляді функціонального опису системи дозволяє визначити стратегію керування ними на організаційно-технічному і технічному рівнях. Організаційно-технічні заходи мають бути спрямовані на формування оптимального гранулометричного складу $\vec{\gamma}$ вхідної руди, а технічні – на створення систем автоматичного керування процесами дроблення і подрібнення

для забезпечення оптимального значення γ_{+100} і максимального значення продуктивності Q .

3.5. Склад звіту:

- вихідні дані;
- структурна схема технологічного процесу;
- матриця дробового планованого експерименту;
- розрахунки коефіцієнтів регресії;
- додаткова серія експериментів;
- оптимальні значення вхідних величин процесу дроблення і екстремальне значення вихідної величини процесу подрібнення;
- функціональний опис у вигляді дерева функцій;
- висновки.

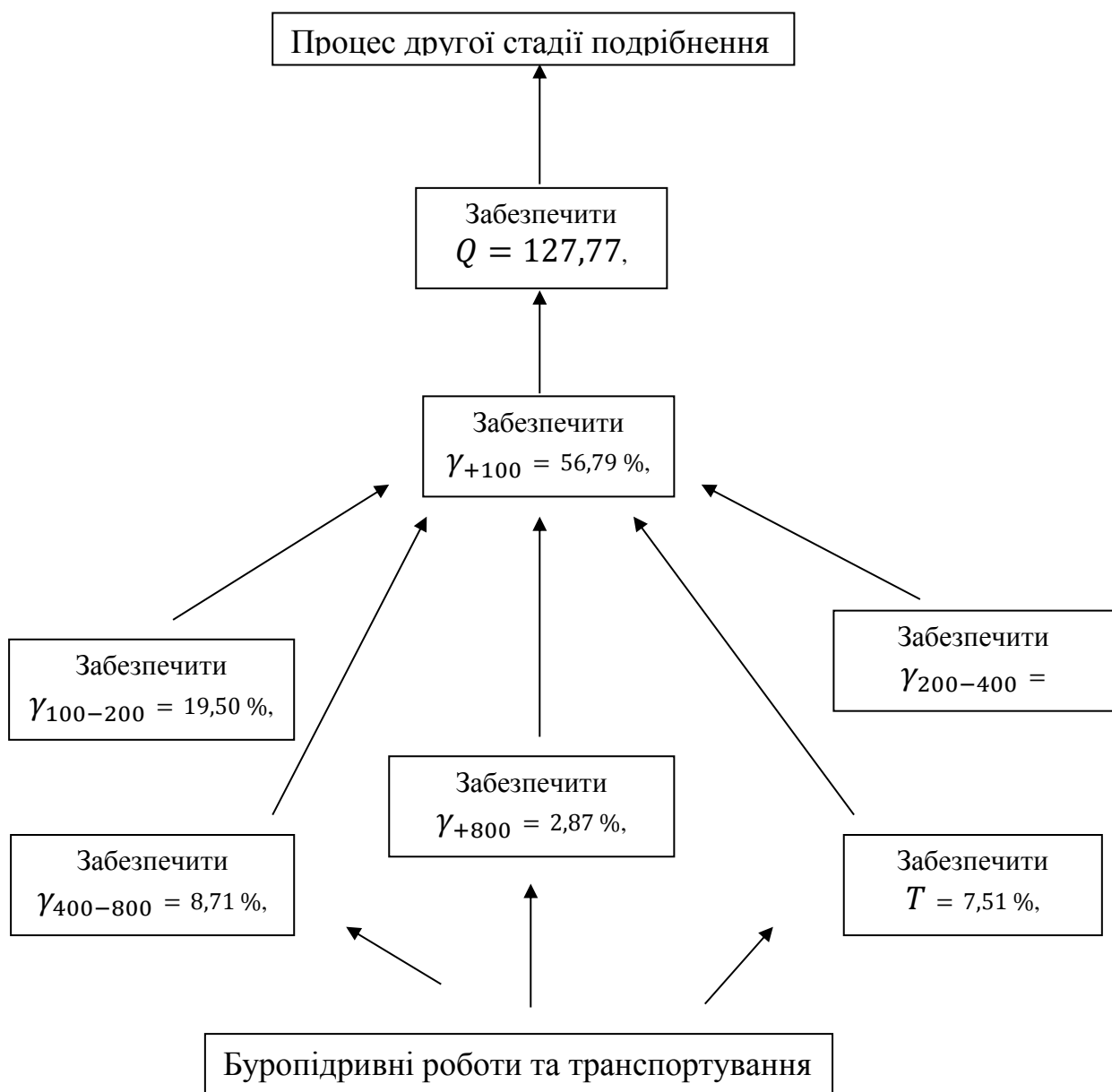


Рис. 3.2. Функціональний опис системи у вигляді дерева функцій

3.6. Контрольні запитання

8. Що таке модель системи?
9. Для чого застосовується функціональний опис системи?
10. Якими функціоналами може описуватися функціонування системи?
11. У які способи може бути описана функціональна організація системи?
12. На які групи розподіляються функції у складній системі?
13. В чому суть опису системи на мові функцій у вигляді графа?
14. В чому суть опису функцій системи за методологією IDEFO?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

ДОСЛІДЖЕННЯ МОРФОЛОГІЧНОГО ОПИСУ СИСТЕМИ

4.1. Мета роботи.

Поглиблення знань студентів при вивченні розділу “Морфологічний опис систем”.

У процесі виконання роботи студент повинен вміти:

- представити досліджуваний процес як систему;
- визначити елементи системи;
- визначити зв'язки між елементами системи;
- задати систему у вигляді зваженого графа;
- визначити оптимальний шлях в зваженому графі за алгоритмом

Беллмана – Форда;

- зробити висновки щодо застосування морфологічного опису системи за алгоритмом Беллмана – Форда .

4.2. Вихідні дані

Вихідні дані для виконання роботи:

- об'єкт керування – аперіодична ланка першого порядку з передавальною функцією $W(s) = \frac{K}{Ts+1}$;
- критерій оптимізації $I = \int_0^a (y(t)^2 + (bU(t))^2) dt \rightarrow \min$
- таблиця вихідних даних (табл. 4.1);
- ППП MatLAB для моделювання автоматичних систем на ЕОМ.

Вихідні дані

Таблиця 4.1

Варіант №	Параметри об'єкта керування		Параметри критерію оптимізації		Стан об'єкта	
					Початковий	Кінцевий
	K	T	a	b	$y_{t=0}$	$y_{t=a}$
1	1	2	2	2,1	1	11
2	2	3	4	3,2	0	10

Варіант №	Параметри об'єкта керування		Параметри критерію оптимізації		Стан об'єкта	
					Початковий	Кінцевий
	K	T	a	b	$y_{t=0}$	$y_{t=a}$
3	3	1	3	1,5	2	12
4	4	5	1	2,7	3	13
5	5	2	4	3,5	1	11
6	4	3	2	4,1	4	14
7	3	1	3	2,8	5	15
8	2	4	5	1,3	2	12
9	1	5	1	4,6	3	13
10	3	2	3	1,2	6	16
11	5	3	2	3,4	2	12
12	4	1	4	4,5	1	11
13	2	1	1	2,3	2	12
14	5	3	2	4,1	3	13
15	1	2	3	3,6	4	14
16	3	4	4	2,2	5	15
17	4	1	3	1,8	1	11
18	2	5	2	4,3	2	12
19	1	1	1	3,9	3	13
20	3	4	2	1,6	4	14

4.3. Порядок виконання лабораторної роботи

При виконанні лабораторної роботи радимо дотримуватись такого порядку:

- представити об'єкт керування у формі Коші;
- діапазони зміни часу a і вихідної величини $y_{t=a} - y_{t=0}$ розбити на інтервали кількістю 5 і 4 відповідно (кількість інтервалів за бажанням студена може бути збільшена);
- виконати дискретизацію критерію оптимальності;
- розрахувати приріст критерію оптимальності ΔI_k при допустимій зміні вихідної величини y_k за відповідний інтервал часу Δt ;
- за даними розрахунків скласти зважений граф процесу переходу об'єкта керування із початкового стану $y_{t=0}$ в кінцевий $y_{t=a}$;
- за алгоритмом Беллмана – Форда визначити оптимальну траєкторію руху об'єкта керування із початкового стану $y_{t=0}$ в кінцевий $y_{t=a}$;
- визначити значення керувального впливу u_k для забезпечення руху об'єкта керування по оптимальній траєкторії;
- розрахувати значення критерію оптимальності при переході об'єкта керування із початкового стану $y_{t=0}$ в кінцевий $y_{t=a}$ по оптимальній траєкторії;

- промоделювати перехід об'єкта керування із початкового стану $y_{t=0}$ в кінцевий $y_{t=a}$ по оптимальній траєкторії у додатку SIMULINK ППП MatLAB;
- зробити висновки.

3.4. Методичні пояснення

Сучасні технічні і технологічні об'єкти та їхні системи керування характеризуються великим числом елементів, множиною зв'язків і взаємозв'язків, значним обсягом інформації, що переробляється. Вказані системи називають складними, великими або системами із складною структурою. Для них доцільно спочатку визначити елементи (або навіть підсистеми) із яких вони складаються і встановити зв'язки між ними, а потім переходити до аналізу їхніх властивостей.

Уявлення про будову системи дає її морфологічний опис. Глибина опису, рівень деталізації, тобто визначення які компоненти системи будуть розглядатися як елементи, зумовлені призначенням системи. Призначення елементів є важливою ознакою морфології. Серед них розрізняють інформаційні, енергетичні і речові.

Морфологічні властивості системи істотно залежать від характеру зв'язків між елементами. Поняття зв'язку входить в будь-яке визначення системи. Воно одночасно характеризує і будову (статичу) функціонування (динаміку) системи. Зв'язки забезпечують виникнення і зберігання структури і властивостей системи.

Характер зв'язку визначається питомою вагою компонента системи або цільовою функцією. Зв'язок характеризується напрямком, силою і видом.

Структурні властивості систем визначаються характером і стійкістю зв'язків між елементами. За характером відносин між елементами структури поділяються на багатозв'язкові, ієрархічні і мішані.

Відносини між елементами структури можна зобразити відповідним графом. Якщо його вершини і дуги несуть додаткову інформацію, то такий граф називається зваженим. Він дозволяє формалізувати процес дослідження інваріантних у часі властивостей систем і використати добре розвинутий математичний апарат теорії графів.

Розглянемо визначення і застосування морфологічного опису системи для розв'язання задачі керування об'єктом на прикладі.

Приклад 4.1. Знайти оптимальний керувальний вплив $U_{\text{опт}}$, який переведе об'єкт із стану $y_{t=0} = 0$ у стан $y_{t=a} = 10$ упродовж часу $a = 1$ с. Передавальна функція об'єкта $W(s) = \frac{y(s)}{U(s)} = \frac{1,67}{1,67s+1}$. Критерій оптимальності має вигляд $I = \int_0^a (y^2(t) + (1,25U(t))^2) dt$.

Розв'язання. Розв'яжемо задачу чисельним методом за алгоритмом Беллмана – Форда. Для цього розглянемо процес переходу об'єкта керування із

початкового стану в кінцевий як систему і зобразимо її у вигляді мішаного зваженого графа.

Запишемо об'єкт керування у формі Коші:

$$\frac{dy(t)}{dt} = U(t) - 0,6y(t) = f(y(t)). \quad (4.1)$$

Розіб'ємо діапазони часу a і вихідної величини $y(t)$ на інтервали:

$a: t_0 = 0; t_1 = 0,2; t_2 = 0,4; t_3 = 0,6; t_4 = 0,8; t_5 = 1,0.$

$y(t): y_0(t) = 0; y_1(t) = 2,5; y_2(t) = 5,0; y_3(t) = 7,5; y_4(t) = 10,0.$

Тоді можливий стан об'єкта у різні моменти часу можна задати у вигляді мережевого графа (рис. 4.1).

Виконаємо дискретизацію критерію оптимальності. Запишемо його у вигляді різницевого рівняння:

$$\Delta y_k = y_{k+1} - y_k = f(y(t), U_k) \times \Delta t_k = (U_k - 0,6y_k)\Delta t_k; \quad (4.2)$$

$$\Delta I_k = (y_k^2 + 1,5625U_k^2) \times \Delta t_k = (y_k^2 + 1,5625(\dot{y}_k + 0,6y_k)^2)\Delta t_k; \quad (4.3)$$

Або:

$$\Delta I_k \approx \left(y_k^2 + 1,5625 \left(\frac{\Delta y_k}{\Delta t_k} + 0,6y_k \right)^2 \right) \Delta t_k. \quad (4.4)$$

Задаючи різні значення y_k і Δy_k , можна розрахувати приріст критерію оптимальності ΔI_k при допустимій зміні стану об'єкта за проміжок часу $\Delta t_k = 0,2$ с. Результати розрахунків наведено в табл. 4.2.

Результати розрахунків приросту критерію оптимальності

Таблиця 4.2

Номер п/п	Проміжні розрахунки				Приріст критерію ΔI
	y_k	Δy_k	$\Delta y_k / \Delta t_k$	$(\Delta y_k / \Delta t_k + 0,6y_k)^2$	
1	10	0	0	36	31,2
2	7,5	0	0	20,25	17,6
3	7,5	2,5	12,5	289	101,5
4	5	0	0	9	7,8
5	5	2,5	12,5	240,25	80,2
6	5	5	25	784	250
7	2,5	0	0	2,25	2
8	2,5	2,5	12,5	196	62,4
9	2,5	5	25	702,3	220,7
10	2,5	7,5	37,5	1521	476,9
11	0	0	0	0	0
12	0	2,5	12,5	156,25	48,8

13	0	5	25	625	195
14	0	7,5	37,5	1410	440
15	0	10	50	2500	782

За даними табл. 4.2 кожному ребру мережевого графа ставимо у відповідність значення приросту критерію оптимальності. Побудований у такий спосіб граф називається зваженим. Фрагменти зваженого графа при переході об'єкта керування із конкретного стану y_k в допустимі інші стани y_i наведені на рис.4.2 – 4.6.

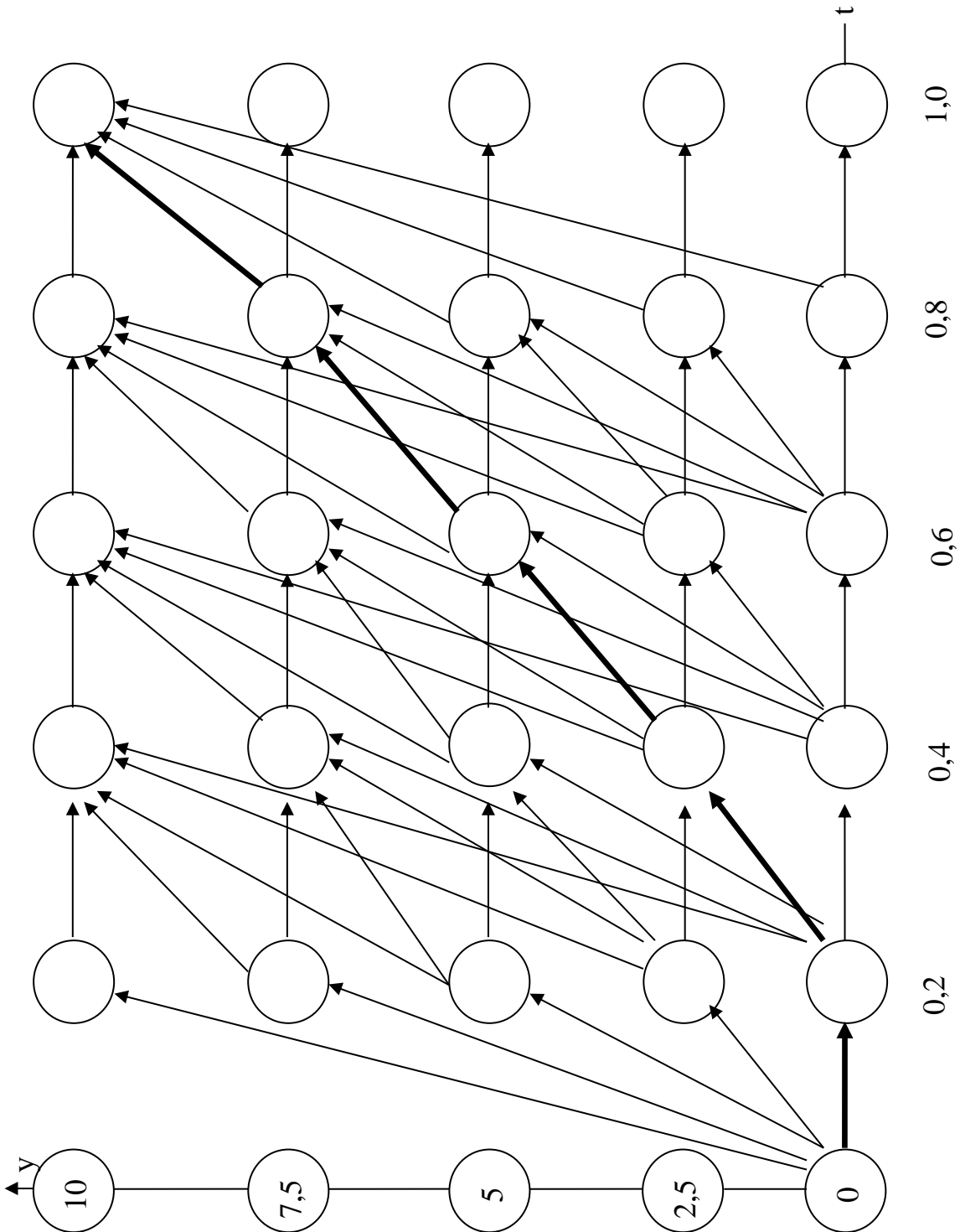


Рис. 4.1. Мережевий граф системи

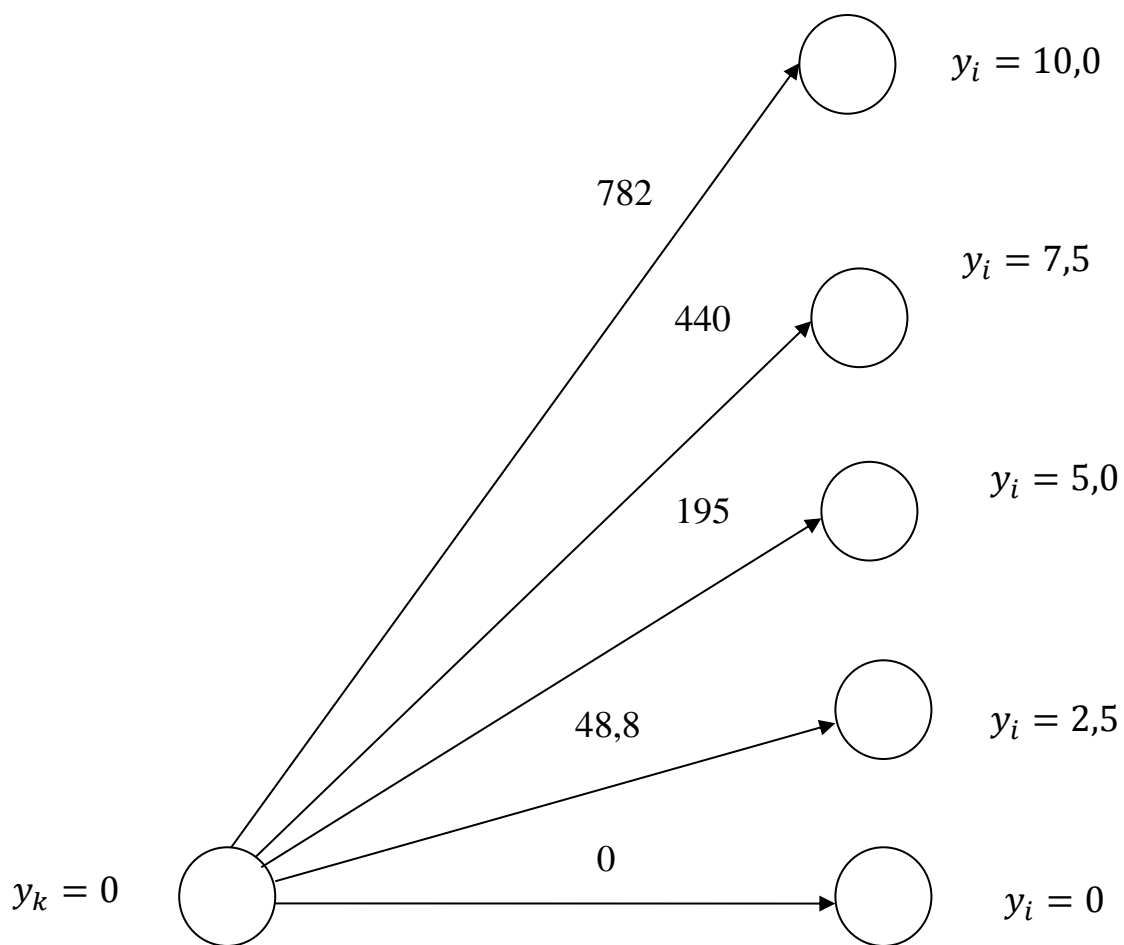


Рис. 4.2. Переходи об'єкта із стану $y_k = 0$.

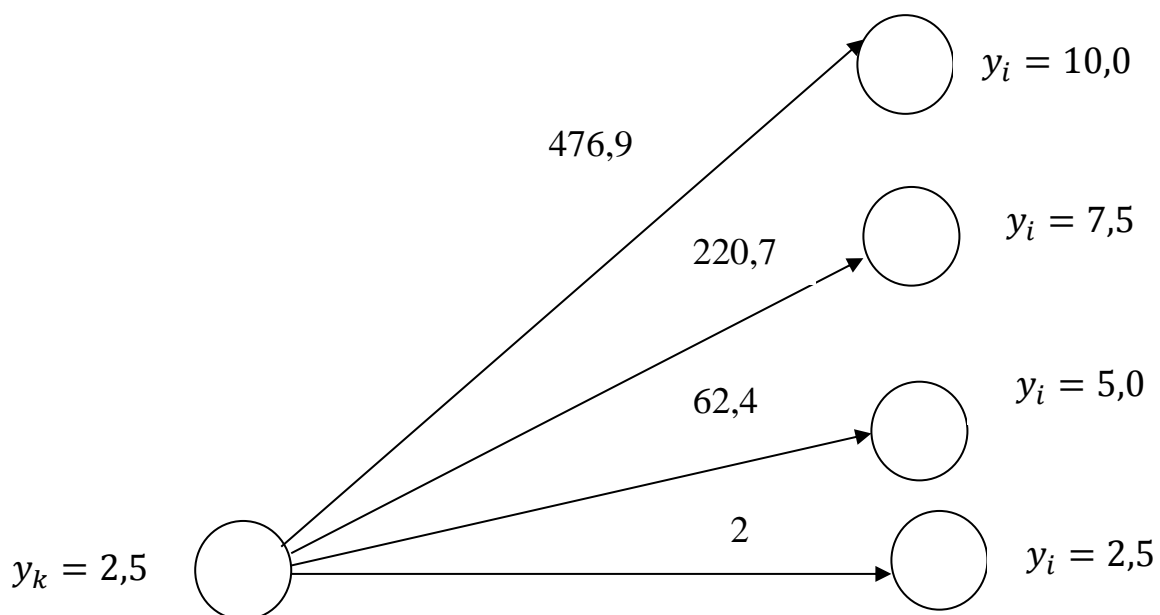


Рис. 4.3. Переходи об'єкта із стану $y_k = 2,5$.

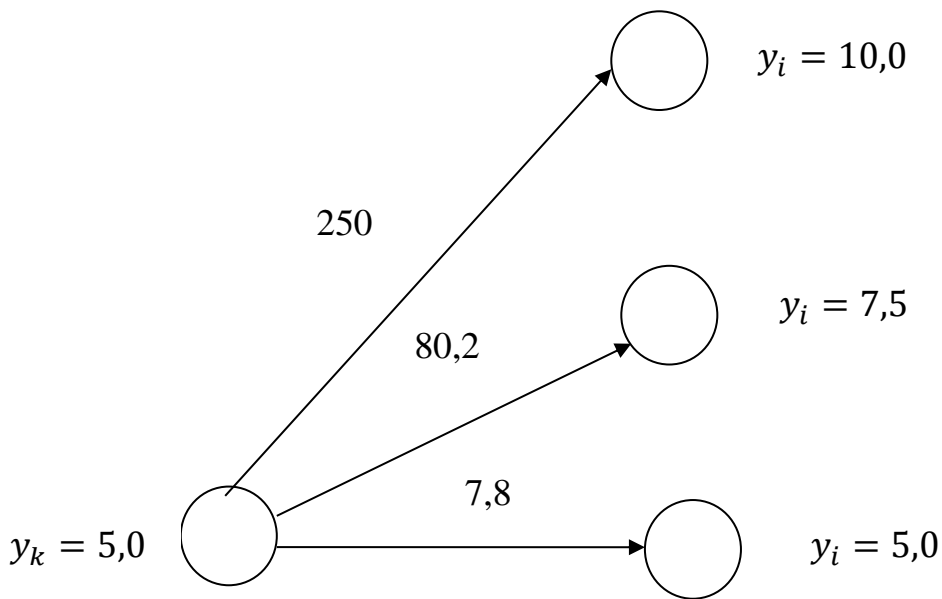


Рис. 4.4. Переходи об'єкта із стану $y_k = 5,0$.

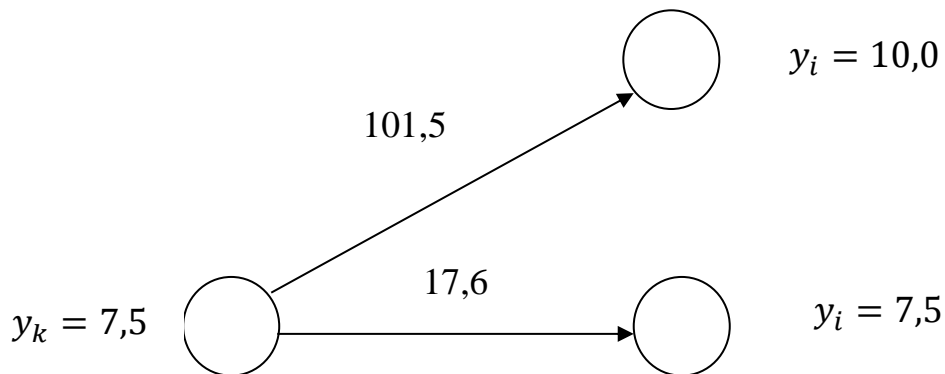


Рис. 4.5. Переходи об'єкта із стану $y_k = 7,5$.

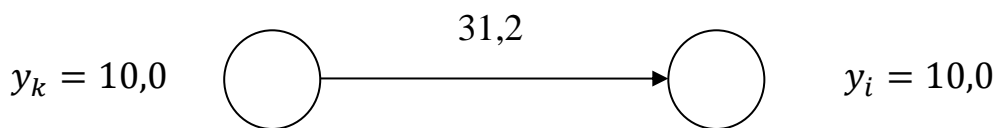


Рис. 4.6. Перехід об'єкта із стану $y_k = 10,0$.

Скориставшись даними табл. 4.2 і рис. 4.1 – 4.6 знайдемо оптимальний перехід об'єкта із стану $y_{t=0} = 0$ у стан $y_{t=a} = 10$ упродовж часу $a = 1$ с. Оптимальна траєкторія виділена на рис. 3.1 більш широкими стрілками. Критерій оптимізації для визначеної траєкторії $I = 293$.

Оптимальні значення керуючої величини на кожному етапі визначаються виходячи із рівняння об'єкта:

$$u_{i+1} = 0,6y_i + \frac{\Delta y_i}{\Delta t}. \quad (4.5)$$

В таблиці 4.3 наведені значення керувальної величини у відповідні інтервали часу.

Значення керувальної величини

Таблиця 4.3

Інтервал часу	0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	0,8 – 1,0
Керувальний вплив	0	12,5	14	15,5	17,0

На рис. 4.7 наведено структурну схему для моделювання у додатку SIMULINK ПП MatLAB розрахованого переходу об'єкта керування із початкового стану в кінцевий.

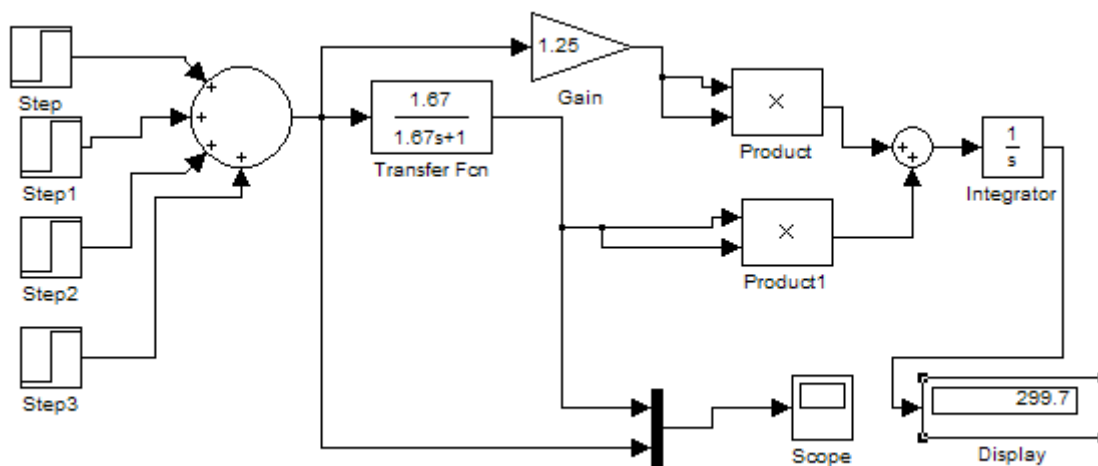


Рис. 4.7. Структурна схема для моделювання змін стану об'єкта

На рис. 4.8 зображені графіки оптимального керування впливу і перехідного процесу

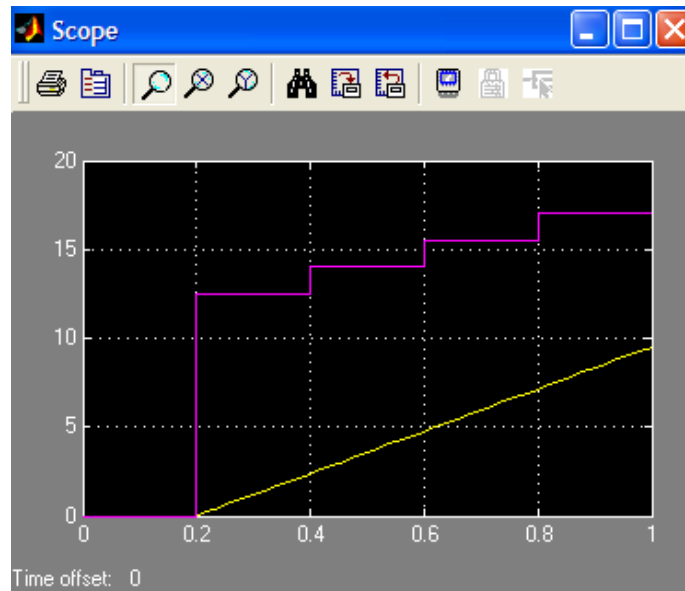


Рис. 4.7. Графіки оптимального керувального впливу і перехідного процесу

Як видно, результати моделювання добре узгоджуються з результатами розрахунків.

Висновок. Уявлення безперервного процесу переходу об'єкта керування із початкового стану в кінцевий у вигляді системи і опис її елементів і взаємозв'язків у вигляді зваженого мішаного графа дозволило розв'язати задачу пошуку оптимального керування за відомим алгоритмом Беллмана – Форда для оптимізації дискретних об'єктів. Моделювання перехідного процесу підтвердило правильність розрахунків.

4.5. Склад звіту:

- вихідні дані;
- аналітичні розрахунки;
- мішаний зважений граф переходу;
- структурна схема для моделювання процесу переходу об'єкта керування із початкового стану в кінцевий;
- графіки оптимального і неоптимального перехідних процесів переходу об'єкта керування із початкового стану в кінцевий;
- висновки.

4.6. Контрольні запитання

1. Що таке морфологічний опис системи?
2. Як розподіляються елементи системи за призначенням?
3. Чим характеризується зв'язок між елементами системи?
4. Чим визначаються структурні властивості систем?
5. Які ознаки системи строгої ієрархічної структури Ви знаєте?
6. Які особливості має система нестрокої ієрархічної структури?
7. Що називається зваженим графом?

Список літератури

1. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие. – К.:МАУП, 2003. – 368 с.
2. Основи теорії систем і системного аналізу: навч. посібник\ К.О. Сорока
ХНАМГ, 2004. – 291 с.

**МИКОЛА МУСІЙОВИЧ ТРИПУТЕНЬ
ВОЛОДИМИР ЄВГЕНОВИЧ КИРИЧЕНКО
ЄВГЕН КОСТЯНТИНОВИЧ ВОСКОБОЙНИК**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра автоматизації та комп'ютерних систем**

ТЕОРІЯ СИСТЕМ

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни для студентів напряму підготовки 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Редактор Є. М. Ільченко

Підписано до друку 11.04.2017. Формат 30x42/4.
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,2
Обл.-вид. арк. 2,2. Тираж 50 пр. Зам. №

ДВНЗ «Національний ірницький університет»
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.