

**Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Національний університет цивільного захисту України
Кафедра автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри АСБтаІТ

Роман ШЕВЧЕНКО

Навчальна дисципліна

**СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ
НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ**

Лабораторна робота 2

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ

Мета роботи:

1. Формування навичок дослідження стійкості автоматичних систем.
2. Одержання навичок чисельного дослідження автоматичних систем.
3. Одержання навичок обробки графічних результатів дослідження.

Час проведення заняття: 160 хвилин.

Методичну розробку склав
доцент кафедри АСБтаІТ



Вячеслав ДУРЕСОВ

План проведення заняття.

1 пара

- | | |
|--|----------|
| 1. Оголошення теми та мети заняття | 2 хвил. |
| 2. Інструктаж по техніці безпеки | 3 хвил. |
| 3. Письмове опитування по теоретичному матеріалу | 10 хвил. |
| 4. Розрахунки та дослідження стійкості САР | 65 хвил. |

2 пара

- | | |
|--|----------|
| 5. Виконання індивідуальних завдань та захист роботи | 78 хвил. |
| 6. Видача завдання на самопідготовку | 2 хвил. |

1. Оголошення теми та мети заняття

Отримавши доповідь від чергового, ведучий викладач вітається з курсантами. Викладач перевіряє присутність курсантів на занятті, після чого вони займають робочі місця. Ведучий викладач повідомляє тему та мету заняття, курсанти записують їх у зошити. Другий викладач записує тему заняття до журналу навчальної групи.

Тема роботи: дослідження стійкості автоматичних систем.

Мета роботи:

1. Формування навичок дослідження стійкості автоматичних систем.
2. Одержання навичок чисельного дослідження автоматичних систем.
3. Одержання навичок обробки графічних результатів дослідження.

2. Інструктаж по техніці безпеки

1. Ведучий викладач проводить інструктаж по техніці безпеки під час проведення заняття:
2. – включення ПЕОМ виконується тільки з дозволу викладача;
3. – категорично забороняється самостійне підключення складників ПЕОМ;
4. – при порушенні ізоляції проводів та інших порушеннях нормального функціонування комп'ютерів негайно повідомити викладачу, усувати несправності самостійно категорично заборонено;
5. – при появі диму або інших ознак спалахування або порушення роботи необхідно вимкнути комп'ютер і негайно повідомити викладачу.
6. Другий викладач в цей час заповнює журнал по техніці безпеки.

3. Письмове опитування по теоретичному матеріалу

1. Поняття стійкості АС.
2. Математичні ознаки стійкості АС.
3. Алгебраїчний критерій стійкості Гурвіца.
4. Частотний критерій стійкості Михайлова.
5. Частотний критерій стійкості Найквіста -Михайлова.
6. Межа стійкості.

7. Практичні питання:

<u>ВАРІАНТ №1</u> ••• •• • Рівняння АС: $2 \bar{y} + 6 \bar{y} + \bar{y} + 2 \bar{y} = 6\bar{x}$ 1. Визначити стійкість АС згідно критерію Гурвиця. 2. Визначити стійкість АС згідно критерію Михайлова.
<u>ВАРІАНТ №2</u> ••• •• • Рівняння АС: $6 \bar{y} + 6 \bar{y} + \bar{y} + 2 \bar{y} = 6\bar{x}$ 1. Визначити стійкість АС згідно критерію Гурвиця. 2. Визначити стійкість АС згідно критерію Михайлова.
<u>ВАРІАНТ №3</u> ••• •• • Рівняння АС: $6 \bar{y} + 6 \bar{y} + \bar{y} - 2 \bar{y} = 6\bar{x}$ 1. Визначити стійкість АС згідно критерію Гурвиця. 2. Визначити стійкість АС згідно критерію Михайлова.
<u>ВАРІАНТ №4</u> ••• •• • Рівняння АС: $6 \bar{y} + 6 \bar{y} + 3 \bar{y} + 2 \bar{y} = 6\bar{x}$ 1. Визначити стійкість АС згідно критерію Гурвиця. 2. Визначити стійкість АС згідно критерію Михайлова.
<u>ВАРІАНТ №5</u> ••• •• • Рівняння АС: $\bar{y} + 6 \bar{y} + \bar{y} + 2 \bar{y} = 6\bar{x}$ 1. Визначити стійкість АС згідно критерію Гурвиця. 2. Визначити стійкість АС згідно критерію Михайлова.
<u>ВАРІАНТ №6</u> ••• •• • Рівняння АС: $6 \bar{y} - 6 \bar{y} + \bar{y} + 2 \bar{y} = 6\bar{x}$ 1. Визначити стійкість АС згідно критерію Гурвиця. 2. Визначити стійкість АС згідно критерію Михайлова.
<u>ВАРІАНТ №7</u> ••• •• • Рівняння АС: $6 \bar{y} + 6 \bar{y} + \bar{y} - 2 \bar{y} = 6\bar{x}$ 1. Визначити стійкість АС згідно критерію Гурвиця. 2. Визначити стійкість АС згідно критерію Михайлова.
<u>ВАРІАНТ №8</u> ••• •• • Рівняння АС: $16 \bar{y} + 6 \bar{y} + \bar{y} + \bar{y} = 6\bar{x}$ 1. Визначити стійкість АС згідно критерію Гурвиця. 2. Визначити стійкість АС згідно критерію Михайлова.

4. Розрахунки та дослідження стійкості САР

Завдання: Дослідити стійкість реальної позиційної ланки
(Модель пожежного насоса)

Виконати дослідження впливу постійного часу Т на стійкість реальної ланки позицій.

Виконання роботи.

1.1. Записати рівняння динаміки АС:

$$T\dot{\bar{y}} + \bar{y} = \bar{x}$$

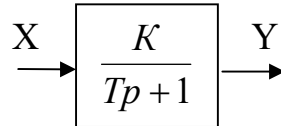
1.2. Записати передаточну функцію АС:

$$W(p) = \frac{K}{Tp + 1}$$

1.3. Записати перехідну функцію:

$$\bar{y}(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

1.4. Скласти функціональну схему АС:



1.5. Скласти план експерименту: Таб.1.

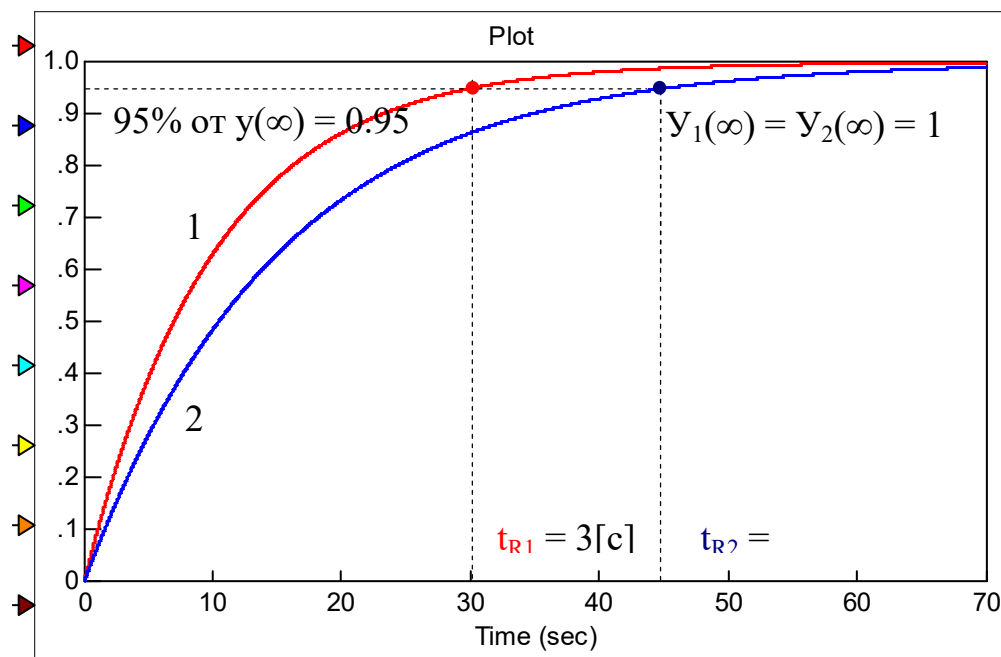
№ графіка	1	2
K	1	1
T	N за списком	N за списком + 5
Визначити по графіку		
t_R		
$y(\infty)$		

1.6. Зобразити ПХ.

На графіках ПХ виконати такі дії:

- підписати отримані графіки ПХ;
- визначити t_R з умов входу ПХ в 5% зону від $y(\infty)$;

Отримані дані занести в Таб.1



1.7. На підставі отриманих даних, зробити та записати висновки з ЛР.

Висновки:

1. У завданні 1 досліджувався вплив постійної часу T на стійкість реальних позиційних ланок.
2. З графіків 1, 2 видно, зміна постійної часу T не знижує стійкість реальних позиційних ланок.
3. АС, що складається з однієї реальної позиційної ланки – завжди стійка.

Завдання 2:

Дослідити стійкість позиційної ланки 2-порядку
(Пожежний насос)

Виконати дослідження впливу декременту згасання d на стійкість позиційної ланки 2-порядку.

Виконання роботи.

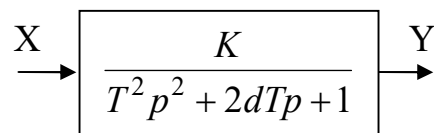
2.1. Записати рівняння динаміки АС:

$$T^2 \ddot{y} + 2dT \dot{y} + \bar{y} = K \bar{x}.$$

2.2. Записати передаточну функцію АС:

$$W(p) = \frac{K}{T^2 p^2 + 2dT p + 1}$$

2.4. Скласти функціональну схему АС:



2.5. Скласти план експерименту: Таб.1.

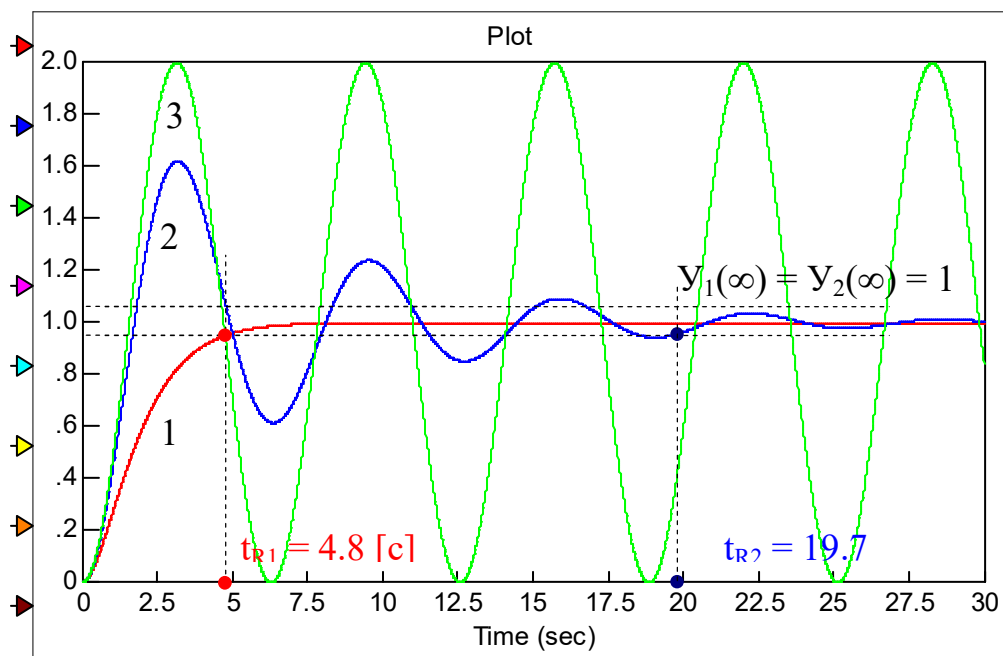
№ графіка	1	2	3
K	1	1	1
T	1	1	1
d	1	0.3	0
t_R	4.8	19.7	—
$y(\infty)$	1	1	—

2.6. Зобразити ПХ.

На графіках ПХ виконати такі дії:

- підписати отримані графіки ПХ;
- Визначити t_R з умови входу ПХ в 5% зону від $y(\infty)$;

Отримані дані занести в Таб.1



На підставі отриманих даних, зробити та записати висновки з ЛР.

Висновки:

1. У завданні 2 досліджувалося вплив декременту згасання d на стійкість позиційної ланки 2-порядку.

2. З графіків 1, 2, 3 видно, що зміна декременту згасання d впливає на стійкість позиційної ланки 2-порядку:

- Ланки 1 і 2 - стійкі;
- Ланка 3 ($d = 0$) - не стійка;

3. Зростання декременту згасання d призводить до підвищення стійкості АС.

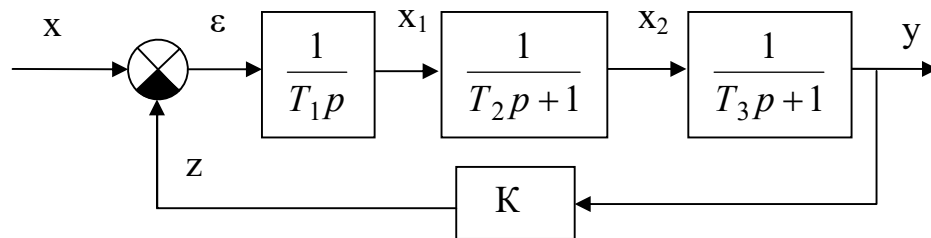
5. Виконання індивідуальних завдань та захист роботи

Завдання 3. Дослідити стійкість замкнутої АС
(Система підтримки тиску води в АУВПТ)

Виконати дослідження впливу $K_{кр}$ на стійкість АС 3-порядку.
Дослідити поведінку системи, при $K > K_{кр}$; $K < K_{кр}$.
Визначити запас стійкості за амплітудою та фазою.

Виконання роботи.

3.1. Зобразити функціональну схему АС:.



3.2. Записати рівняння динаміки АС:

ОУ: $T_3 \dot{\bar{y}} + \bar{y} = \bar{x}_2;$

РЕГУЛЯТОР: $T_2 \dot{\bar{x}}_2 + \bar{x}_2 = \bar{x}_1; \quad T_1 \dot{\bar{x}}_1 = \bar{\varepsilon};$
 $\bar{\varepsilon} = \bar{x} - \bar{z}; \quad \bar{z} = K\bar{y}.$

3.3. Визначити $K_{кр}$

$$W_{\text{экр}} = \frac{\frac{1}{T_1 p} \cdot \frac{1}{T_2 p + 1} \cdot \frac{1}{T_3 p + 1}}{1 + \frac{1}{T_1 p} \cdot \frac{1}{T_2 p + 1} \cdot \frac{1}{T_3 p + 1} \cdot K} = \frac{\frac{1}{T_1 p} \cdot \frac{1}{T_2 p + 1} \cdot \frac{1}{T_3 p + 1}}{\frac{T_1 p (T_2 p + 1) (T_3 p + 1) + K}{T_1 p (T_2 p + 1) (T_3 p + 1)}};$$

$$W_{\text{экр}} = \frac{\frac{1}{T_1 p} \cdot \frac{1}{T_2 p + 1} \cdot \frac{1}{T_3 p + 1}}{\frac{T_1 p (T_2 p + 1) (T_3 p + 1) + K}{T_1 p (T_2 p + 1) (T_3 p + 1)}} = \frac{1}{T_1 p (T_2 p + 1) (T_3 p + 1) + K};$$

АС на межі стійкості якщо:

$$T_1 p (T_2 p + 1) (T_3 p + 1) + K = 0;$$

Тоді:

$$T_1 T_2 T_3 p^3 + T_1 T_2 p^2 + T_1 T_3 p^2 + T_1 p + K = 0$$

$$T_1 T_2 T_3 p^3 + T_1 (T_2 + T_3) p^2 + T_1 p + K = 0$$

Умова стійкості системи 3-порядку: $K > 0$

$$\text{и } T_1 (T_2 + T_3) \cdot T_1 \triangleright T_1 T_2 T_3 \cdot K = 0$$

Тоді:
$$K \triangleleft \frac{T_1 (T_2 + T_3) \cdot T_1}{T_1 T_2 T_3},$$

або:
$$K \triangleleft \frac{T_1 (T_2 + T_3)}{T_2 T_3}.$$

3.5. Скласти план експерименту: Таб.1.

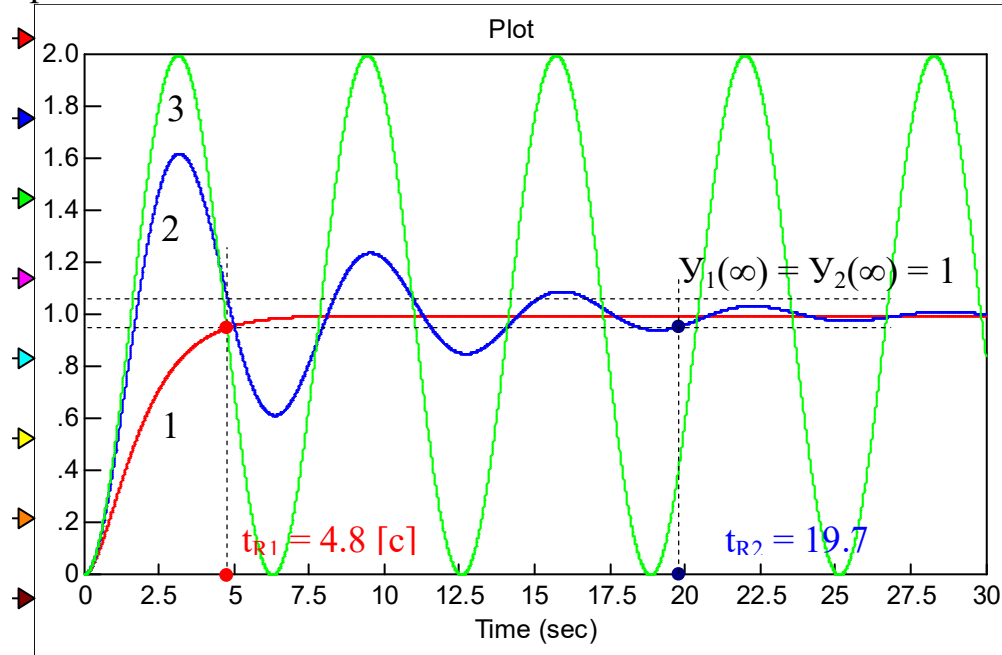
№ графіка	1	2	3
T	N за списком	1	1
K	$K_{кр}$	$K > K_{кр}$	$K < K_{кр}$
t_R			
$y(\infty)$			

3.6. Зобразити ПХ.

На графіках ПХ виконати такі дії:

- підписати отримані графіки ПХ;
- визначити t_R з умови входу ПХ в 5% зону від $y(\infty)$;

Отримані дані занести в Таб.1



3.7. На підставі отриманих даних, зробити та записати висновки з ЛР.

Висновки:

1. У завданні 2 досліджувався вплив декременту згасання d на стійкість позиційної ланки 2-порядку.
2. З графіків 1, 2, 3 видно, що зміна декременту згасання d впливає на стійкість позиційної ланки 2-порядку:
 - Ланки 1 і 2 - стійкі;
 - Ланка 3 ($d = 0$) - не стійка;
3. Зростання декременту загасання d призводить до підвищення стійкості АС.

Захист лабораторної роботи кожен курсант здійснює індивідуально, після попередньої теоретичної підготовки.

Слухачі самостійно закінчують оформлення звіту з лабораторної роботи, обов'язково в звіті повинно бути:

- тема та мета роботи;
- основні етапи роботи;
- за результатами досліджень повинні бути висновки.

5. Видача завдання на самопідготовку

1. Теорія автоматичного управління. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Н.І. Бурау, Д.О. Півторак; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С 50-54.

https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42076/1/TAU_praktykum.pdf