

**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
ТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ**

Лабораторна робота 2

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЧНИХ
СИСТЕМ**

Мета роботи:

1. Формування навичок дослідження якості роботи 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 ДУРЕЄВ

ХАРКІВ 2024

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 регуляторів і дослідження перехідних характеристик 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 якості процесу управління автоматичних систем.

Мета роботи:

1. Формування навичок дослідження якості роботи 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. Пояснити роботу П-закона регулювання.
2. Пояснити роботу І-закона регулювання.
3. Пояснити роботу Д-закона регулювання.

4. Визначити ЗР та рівняння регулятора, що забезпечує структурну стійкість АС з ОР виду:

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

5. Визначити ЗР та рівняння регулятора, що забезпечує структурну стійкість АС з ОР виду:

$$W(p) = \frac{1}{Tp^2}$$

6. Визначити ЗР та рівняння регулятора, що забезпечує структурну стійкість АС з ОР виду:

$$W(p) = \frac{1}{Tp^3}$$

4. Розрахунки регуляторів і дослідження перехідних характеристик САР

Розрахувати І-регулятор і дослідити перехідні характеристики САР частоти n обертів пожежного насоса із параметрами:

$$T_{\partial} = 0.2 \text{ за списком в класному журналі}; K_m = 1; K_f = 1.$$

План виконання роботи:

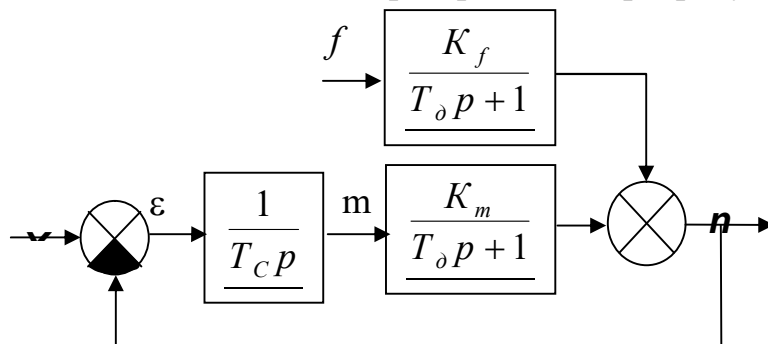
1. Записати рівняння динаміки САР.
2. Скласти функціональну схему САР.
3. Виконати розрахунок САР методом стандартних коефіцієнтів.
4. Виконати дослідження перехідних процесів САР при дії східчастого сигналу перенастроювання і зовнішнього збурювання на ЕОМ. Обробити і проаналізувати отримані графічні результати.
5. Зробити висновки.

Виконання роботи

1. Рівняння динаміки:

- об'єкта регулювання:	$T_{\partial} \dot{\bar{n}} + \bar{n} = K_m \bar{m} + K_f \bar{f}$
- регулятора:	$T_p \dot{\bar{m}} = \bar{\varepsilon}$
- вимірювального пристрою:	$\bar{\varepsilon} = \bar{n}_{\text{зАд}} - \bar{n}$

2. Функціональна схема системи при проведенні розрахунків:



3. Розрахунок САР методом стандартних коефіцієнтів.

Визначимо передатну функцію $W_{n/n_{\text{зад}}}(p)$.

$$W_{n/n_{\text{зад}}}(p) = \frac{\frac{1}{T_p p} \cdot \frac{K_m}{T_d p + 1}}{1 + \frac{1}{T_p p} \cdot \frac{K_m}{T_d p + 1}} = \frac{K_m}{T_p T_d p^2 + T_p p + K_m}$$

Приведемо отримане вираження до стандартного виду, розділивши чисельник і знаменник на K_m , одержимо:

$$W_{n/n_{\text{зад}}}(p) = \frac{1}{\frac{T_p T_d}{K_m} p^2 + \frac{T_p}{K_m} p + 1} = \frac{1}{T_{\text{cap}}^2 p^2 + 2 d T_{\text{cap}} p + 1}$$

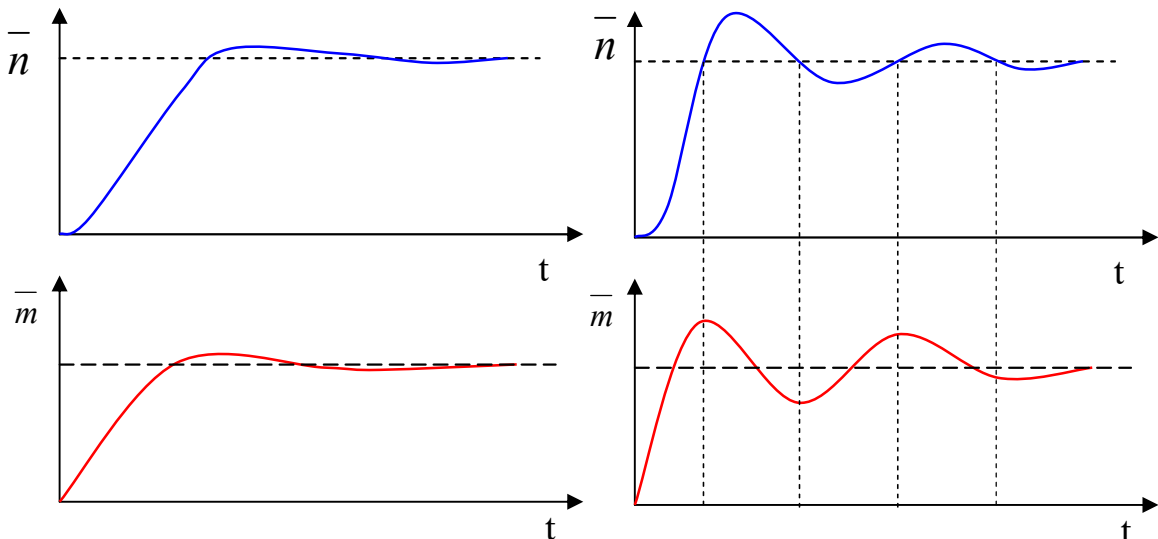
Мінімальний час перехідного процесу t відповідає декременту загасання $d=0,7$, при цьому перехідний процес виходить плавним з перерегулюванням не більш 5%.

$$t_{R \min} = 3 T_{\text{cap}} ; T_{\text{cap}}^2 = \frac{T_p T_d}{K_m} ; 2 d T_{\text{cap}} = \frac{T_p}{K_m} \quad \text{Вирішивши}$$

отриману систему рівнянь відносно $t_{R \min}$ і T_c , одержимо:

$$\frac{T_{\text{cap}}}{2d} = T_d , \quad \Rightarrow t_{R \min} = 4,2 T_d , \quad \Rightarrow T_{p, \text{opt}} = 1,96 T_d \cdot K_m$$

4. Результати досліджень



Висновки

1. Мінімальний час регулювання визначається інерційністю об'єкта і не залежить від властивостей регулятора. Для одержання найкращої якості регулювання параметри регулятора повинні відповідати властивостям об'єкта управління.
2. Низькі динамічні властивості І-регулятора порозуміваються відсутністю надлишкового регулюючого впливу на початковому етапі регулювання і попереднього зменшення регулюючого впливу на кінцевому етапі регулювання.
3. Підвищення швидкодії регулятора приводить до погіршення якості регулювання.

5. Виконання індивідуальних завдань та захист роботи

Розрахувати П-регулятор і дослідити перехідні характеристики САР частоти n обертів пожежного насосу із параметрами:

$T_\partial = 0.8$ за списком в класному журналі; $K_m = 1$; $K_f = 1$;

час регулювання $t_{R\text{ зад}} = \frac{T_\partial}{2}$.

План виконання роботи:

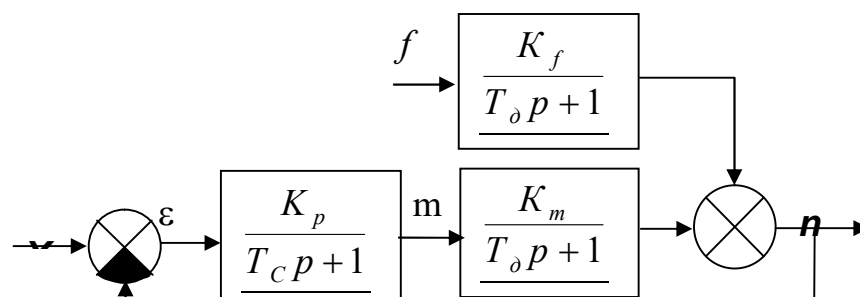
1. Записати рівняння динаміки САР.
2. Скласти функціональну схему САР.
3. Виконати розрахунок САР методом стандартних коефіцієнтів.
4. Виконати дослідження перехідних процесів САР при дії східчастого сигналу перенастроювання і зовнішнього збурювання на ЕОМ. Обробити і проаналізувати отримані графічні результати.
5. Зробити висновки.

Виконання роботи

1. Рівняння динаміки:

- об'єкта регулювання:	$T_\partial \dot{\bar{n}} + \bar{n} = K_m \bar{m} + K_f \bar{f}$
- регулятора:	$T_c \dot{\bar{m}} + \bar{m} = K_p \bar{\varepsilon}$
- вимірювального пристрою:	$\bar{\varepsilon} = \bar{n}_{\text{зад}} - \bar{n}$

2. Функціональна схема системи при проведенні розрахунків:



3. Розрахунок САР методом стандартних коефіцієнтів.

Визначимо передатну функцію $W_{n/n_{\text{зад}}} (p)$.

$$W_{n/n_{\text{зад}}} (p) = \frac{\frac{K_p}{T_p p + 1} \cdot \frac{K_m}{T_d p + 1}}{1 + \frac{K_p}{T_p p + 1} \cdot \frac{K_m}{T_d p + 1}} = \frac{K_p \cdot K_m}{T_p T_d p^2 + (T_p + T_d)p + (1 + K_p K_m)}$$

Приведемо отримане вираження до стандартного виду, розділивши чисельник і знаменник на $1 + (K_p K_m)$, одержимо:

$$W_{n/n_{\text{зад}}} (p) = \frac{\frac{K_p \cdot K_m}{1 + K_p K_m}}{\frac{T_p T_d}{1 + K_p K_m} p^2 + \frac{(T_p + T_d)}{1 + K_p K_m} p + 1} = \frac{K_{\text{сар}}}{T_{\text{сар}}^2 p^2 + 2 d T_{\text{сар}} p + 1}$$

Видно, що розглянута АС описується ланкою 2-го порядку, властивості якого відомі. Мінімальний час перехідного процесу t відповідає декременту загасання $d=0,7$, при цьому перехідний процес виходить плавним з перерегулюванням не більш 5%.

$$t_{R \min} = 3 T_{\text{сар}} \quad (1) \quad T_{\text{сар}}^2 = \frac{T_p T_d}{1 + K_p K_m} ; \quad 2 d T_{\text{сар}} = \frac{T_p + T_d}{1 + K_p K_m} \quad (2)$$

Розділимо рівняння 1 на рівняння 2, одержимо:

$$\frac{T_{\text{сар}}}{2d} = \frac{T_p T_d}{T_p + T_d} \Rightarrow t_{R \min} = 4,2 \frac{T_p T_d}{T_p + T_d}$$

Задаючи величину $K_p=1 \dots 10 \dots 100$, легко визначити значення $T_{\text{с}}$.

$$T_p = \frac{t_p T_d}{4,2 T_d - t_p} ; \quad T_p = \frac{T_{\text{сар}} T_d}{2 d T_d - T_{\text{сар}}} ;$$

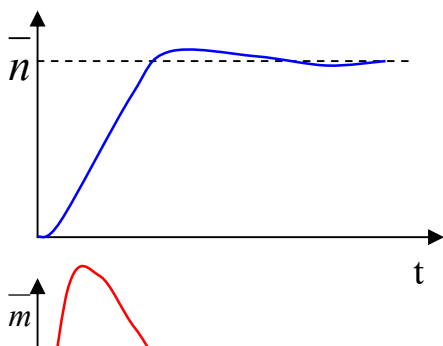
$$K_p = \left(\frac{T_p T_d}{T_{\text{сар}}^2} - 1 \right) / K_m ; \quad K_p = \left(\frac{T_p + T_d}{2 d T_{\text{сар}}} - 1 \right) / K_m .$$

4. Результати дослідження

Висновки:

1. Мінімальний час регулювання залежить від властивостей регулятора. Чим вище швидкодія регулятора (менше T_p), тим менше час регулювання. При цьому якість перехідного процесу не погіршується.

2. Високі динамічні можливості П-регулятора порозуміваються великими надлишковими регулюючими впливами на початковому етапі



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.

6. Видача завдання на самопідготовку

7. 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 44-46.

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