

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Пожежної та техногенної безпеки

(назва інституту)

Автоматичних систем безпеки та електроустановок

(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник (завідувач) кафедри

АСБтаЕУ

(назва кафедри)

Володимир ОЛІЙНИК

(підпис)

(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

«25» 08 2025

**Методичні вказівки (рекомендації, завдання тощо)**

**щодо проведення лабораторних занять з**

Автоматика раннього виявлення надзвичайних ситуацій

назва навчальної дисципліни

за освітньою (освітньо-професійною, освітньо-науковою) програмою

пожежна безпека

назва освітньої програми

підготовки

бакалавра

найменування освітнього ступеня

у галузі знань

26 Цивільна безпека

код та найменування галузі знань

за спеціальністю

261 «Пожежна безпека»

код та найменування спеціальності

Розглянуто та ухвалено засіданням кафедри

АСБтаЕУ

(назва кафедри)

протокол № 1

від «25» 08 2025 року

Черкаси – 2025 рік

Методичні вказівки (рекомендації, завдання тощо) щодо проведення лабораторних занять з «Автоматика раннього виявлення надзвичайних ситуацій». Дурєєв В.О. 2025. 9с.

У методичних вказівках узагальнений підхід до проведення лабораторних занять з автоматики раннього виявлення надзвичайних ситуацій. Складені варіанти індивідуальних завдань орієнтовані на комплексне рішення задач.

Методичні вказівки призначені для курсантів і слухачів вищих навчальних закладів ДСНС України за освітньо-професійними (освітньо-науковими) програмами «Пожежна безпека».

## **МОДУЛЬ 1. Основи будови автоматики раннього виявлення надзвичайних ситуацій.**

### **Тема 1.1. Основи будови систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій**

#### **Теми лабораторних занять заочна (дистанційна) форма навчання**

| № з/п | Назва теми                                        | Кількість годин |
|-------|---------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | Тема 1.1. Дослідження синтезу автоматичних систем | 2               |
|       | Разом                                             | 2               |

*Критерії оцінювання знань здобувачів на лабораторному занятті (оцінюється від 0 до 10 балів):*

9-10 балів – здобувач володіє навчальним матеріалом у повному обсязі, глибоко та всебічно розкрив зміст усіх питань, під час відповіді використовував пункти нормативних документів;

7-8 балів – достатньо повно володіє навчальним матеріалом, в основному розкрито зміст усіх питань. При наданні відповіді на деякі питання не вистачає достатньої глибини та аргументації, при цьому є несуттєві неточності та незначні помилки;

5-6 балів – в цілому володіє навчальним матеріалом, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки;

3-4 бали – не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Недостатньо розкриті зміст питань, допускаючи при цьому суттєві неточності. Правильна відповідь на одне питання, інші – частково;

1-2 бали – частково володіє навчальним матеріалом, відповіді загальні, допущено при цьому суттєві помилки;

0 балів – не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його викласти, не розуміє змісту питань. Не знає нормативних документів.

### **РОЗРАХУНКИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИНТЕЗУ САР**

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

$$T_{\partial} = \text{№ за списком в класному журналі}; K_m = 1; K_f = 1.$$

План виконання роботи:

1. Записати рівняння динаміки САР.
2. Скласти функціональну схему САР.
3. Виконати розрахунок САР методом стандартних коефіцієнтів.

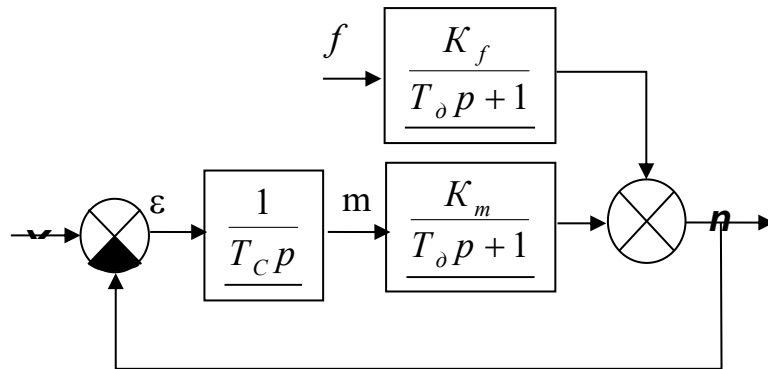
4. Виконати дослідження перехідних процесів САР при дії східчастого сигналу перенастроювання і зовнішнього збурювання на ЕОМ. Обробити і проаналізувати отримані графічні результати.
5. Зробити висновки.

### *Виконання роботи*

#### 1. Рівняння динаміки:

- об'єкта регулювання:  $T_d \dot{\bar{n}} + \bar{n} = K_m \bar{m} + K_f \bar{f}$
- 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:

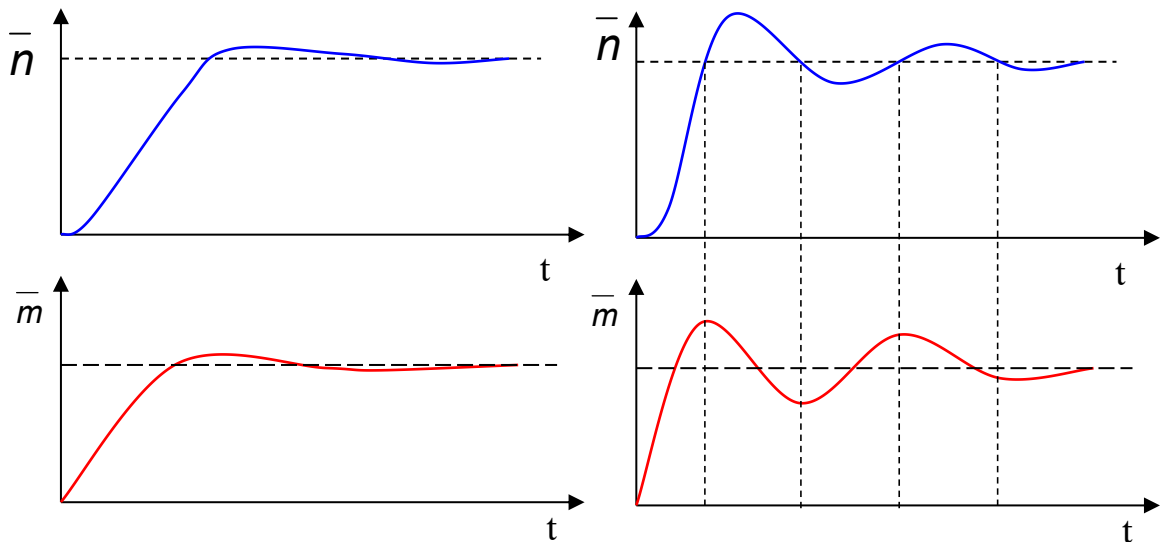
$$W_{n/n_{\text{зад}}}(p) = \frac{1}{\frac{T_p T_d}{K_m} p^2 + \frac{T_p}{K_m} p + 1} = \frac{1}{T_{\text{cap}}^2 p^2 + 2 d T_{\text{cap}} p + 1}$$

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

$t_{R \min} = 3 T_{cap} ; T_{cap}^2 = \frac{T_P T_d}{K_m} ; 2 dT_{cap} = \frac{T_P}{K_m}$  Вирішивши отриману систему рівнянь відносно  $t_{R \min}$  і  $T_c$ , одержимо:

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

#### 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.

## 2.2 ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ТА ЗАХИСТ РОБОТИ

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

$$T_d = 0,2 \text{ за списком в класному журналі}; K_m = 1 ; K_f = 1 ;$$

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

### План виконання роботи:

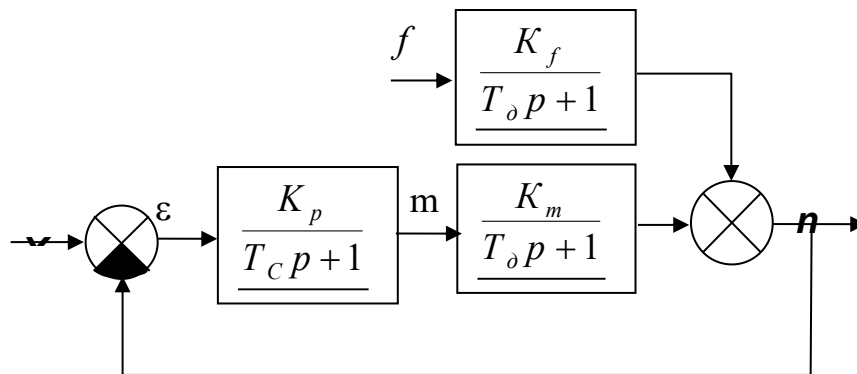
1. Записати рівняння динаміки САР.
2. Скласти функціональну схему САР.
3. Виконати розрахунок САР методом стандартних коефіцієнтів.
4. Виконати дослідження перехідних процесів САР при дії східчастого сигналу перенастроювання і зовнішнього збурювання на ЕОМ. Обробити і проаналізувати отримані графічні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

### Виконання роботи

#### 1. Рівняння динаміки:

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

#### 2. Функціональна схема системи при проведенні розрахунків:



#### 3. Розрахунок САР методом стандартних коефіцієнтів.

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

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

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

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

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%.

$$t_{R \min} = 3T_{\text{cap}}$$

$$T_{\text{cap}}^2 = \frac{T_p T_d}{1 + K_p K_m}; \quad (1) \quad 2dT_{\text{cap}} = \frac{T_p + T_d}{1 + K_p K_m} \quad (2)$$

Розділимо рівняння 1 на рівняння 2, одержимо:

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

Задаючи величину  $K_p=1 \dots 10 \dots 100$ , легко визначити значення  $T_s$ .

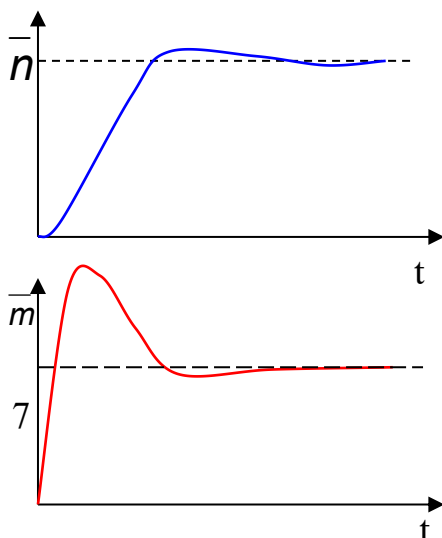
$$T_p = \frac{t_p T_d}{4,2 T_d - t_p};$$

$$T_p = \frac{T_{\text{CAP}} T_d}{2dT_d - T_{\text{CAP}}};$$

$$K_p = \left( \frac{T_p T_d}{T_{\text{CAP}}^2} - 1 \right) / K_m;$$

$$K_p = \left( \frac{T_p + T_d}{2dT_{\text{CAP}}} - 1 \right) / K_m.$$

#### 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 регулювання. Велика помилка – великий вплив. І попереднім зменшенням регулюючого впливу на кінцевому етапі.

Щоб зменшити час регулювання, необхідно

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.

## Література

1. Освітньо-професійна програма «Пожежна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти в галузі знань 26 "Цивільна безпека". [https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/osvitnya\\_diyalnosti/osvitni\\_programi/2023/261\\_PV\\_bak23.pdf](https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/osvitnya_diyalnosti/osvitni_programi/2023/261_PV_bak23.pdf)
2. Дурєєв В. О., Бондаренко С. М., Антошкін О.А., Маляров М. В., Мурин М.М. Застосування широтно-імпульсної модуляції для управління виконавчим пристроєм адаптивної системи протипожежного захисту. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2025. № 1(41). С.
3. Дурєєв В. О., Христич В. В., Бондаренко С. М., Маляров М. В., Прокоф'єв М.І. Моделювання роботи магнітноконтального теплового пожежного сповіщувача. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2024. № 1(39). С. 96-108.
4. Дурєєв В. О., Христич В. В., Бондаренко С. М., Антошкін О.А., Маляров М. В. Розробка математичної моделі магнітноконтального теплового пожежного сповіщувача. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2024. № 2(40). С. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/23359>
5. Дурєєв В. О., Христич В. В., Бондаренко С. М., Маляров М. В., Корнієнко Р. В. Математична модель магнітноконтального теплового пожежного сповіщувача. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. № 1(37). С. 31-43. <http://pes.nuczu.edu.ua/images/arhiv/37/3.pdf> ISSN 2524-0226.
6. Дурєєв В. О., Христич В. В., Бондаренко С. М., Маляров М. В., Корнієнко Р. В. Математична модель магнітноконтального теплового пожежного сповіщувача. 2022. <http://pes.nuczu.edu.ua/images/arhiv/35/21.pdf>



7. Дурєєв В. О., Литвяк О. М., Христич В. В. Математична модель терморезисторного пожежного сповіщувача. 2022. С. 286-296. <http://pes.nuczu.edu.ua/images/arhiv/35/21.pdf>
8. Литвяк О. М., Дурєєв В. О., Дерев'янка О. А. Математичне моделювання нелінійних особливостей пропорційних регуляторів адаптивних систем безпеки. – 2020. С. 104-111. <https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/science/zbirky-naukovykh-prats-ppb/ppb48/14.pdf>
9. 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. – 57 с. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42076/1/TAU\\_praktykum.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42076/1/TAU_praktykum.pdf)
10. Автоматика для запобігання вибухам і пожежам. Посібник./ Дерев'янка О.А. та інш. – Харків: АЦЗУ, 2024. – 279 с. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/8497>
11. Курс лекцій «Математичне моделювання та оптимізація систем безпеки» // Укладачі: Антошкін О.А., Бондаренко С.М., Дерев'янка О.А., Литвяк О.М., Мурін М.М., Христич В.В. – Харків: НУЦЗУ, 2021 <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/13121>.
12. Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології : курс лекцій / О. С. Садовий. – Миколаїв : МНАУ, 2016. – 84 с. URL: [http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2275/1/Kontrolno-vymiryuvalni\\_prylady\\_osnovamy\\_metrolohiyi.pdf](http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2275/1/Kontrolno-vymiryuvalni_prylady_osnovamy_metrolohiyi.pdf).
13. Теплотехнічні вимірювання і прилади : навч. посіб. / А. Ф. Курилов, В. М. Козін. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 189 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/324243027.pdf>.
14. В.І. Тошинський, М.О. Подустов, І.І. Литвиненко. Проектування систем автоматизації технологічних процесів. Харків, НТУ «ХПІ», 2006.- 412 с.
15. Автоматика для запобігання вибухам та пожежам. Дерев'янка О.А., Бондаренко С.М., Антошкін О.А., Мурін М.М.- Харків: АЦЗУ, 2024.- 278 с.

### **Інформаційні ресурси**

1. Сайт кафедри АСБтаІТ URL: <http://www.asbit.nuczu.edu.ua>
2. Електронний репозитарій Національного університету цивільного захисту України: <http://repositsc.nuczu.edu.ua>
3. <https://zakon.rada.gov.ua/>
4. Електронна бібліотека ЗВО <https://elibrary.net.ua/>
5. Електронна бібліотека Національного університету цивільного захисту України <http://books.nuczu.edu.ua/load.php>
6. Електронна бібліотека кафедри АСБтаЕУ <https://pb.nuczu.edu.ua/uk/elektronna-biblioteka>