

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Начальник кафедри АСБІТ  
полковник служби цивільного захисту

О.А. Дерев'янку

Лабораторна робота № 1

з дисципліни "Системи автоматичного контролю та спостереження"

**Розділ 1** Теоретичні основи будови систем автоматичного контролю та спостереження

**Тема 2** Математичне описання систем автоматичного контролю та спостереження

**Тема лабораторної роботи**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕМЕНТІВ АС**

**Мета роботи:**

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

Час проведення заняття: 80 хвилин.

Методичну розробку склав:

Доцент кафедри АСБтаІТ

полковник служби цивільного захисту

В.О. Дурєєв

ХАРКІВ

## План проведення заняття.

1.	Оголошення теми та мети заняття	2 хвил.
2	Інструктаж по техніці безпеки	5 хвил.
3	Лінеаризація диференціальних рівнянь АС	25 хвил.
4	Визначення передаточної функції	20 хвил.
5	Визначення еквівалентної передаточної функції АС	23 хвил.
6	Письмове опитування по матеріалам заняття	10 хвил.
7	Побудова часових характеристик елементів пожежної автоматики в системі VisSim	15 хвил.
8	Виконання індивідуальних завдань	40 хвил.
9.1	Дослідити вплив динамічних параметрів $K$ і $T$ реальної позиційної ланки на її перехідні характеристики $y(\infty)$ і $t_R$	20
9.2	Дослідити вплив динамічних параметрів $K$ і $T$ реальної позиційної ланки другого порядку на її перехідні характеристики $y(\infty)$ і $t_R$	20
10	Прийняття захисту	17
11	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.

**2. Інструктаж по техніці безпеки**

Ведучий викладач проводить інструктаж по техніці безпеки під час проведення заняття:

- включення ПЕОМ виконується тільки з дозволу викладача;
- категорично забороняється самостійне підключення складників ПЕОМ;
- при порушенні ізоляції проводів та інших порушеннях нормального функціонування комп'ютерів негайно повідомити викладачу, усувати несправності самостійно категорично заборонено;
- при появі диму або інших ознак спалахування або порушення роботи необхідно вимкнути комп'ютер і негайно повідомити викладачу.

Другий викладач в цей час заповнює журнал по техніці безпеки.

**3. Лінеаризація диференціальних рівнянь АС**

Завдання 1.1. Лінеаризувати рівняння датчика повітряної швидкості:

$$U = K \frac{\rho V^2}{2}$$

де:  $U$  – напруга;  $V$  – повітряна швидкість;  
 $\rho$  - щільність повітря;  $K$  - коефіцієнт пропорційності.

Виконати лінеаризацію рівняння при  $V = V_0$ , вважаючи, що «K» і « $\rho$ » є постійними величинами.

**Рішення:** Виконаємо попереднє логарифмування:

$$\ln U = \ln K + \ln \rho + 2 \ln V - \ln 2$$

Дорівнюємо диференціали правої і лівої частини рівняння в крапці  $V = V_0$ :

$$\left( \frac{dU}{U} \right)_0 = 2 \left( \frac{dV}{V} \right)_0 .$$

Замінімо диференціали кінцевими збільшеннями:

$$\frac{\Delta U}{U_0} = 2 \frac{\Delta V}{V_0} .$$

Замінімо абсолютні відхилення на відносні:

$$\bar{U} = 2\bar{V} .$$

**Завдання 3.1** Лінеаризувати рівняння витрати газу через випускний насадок:

$$G_B = m \cdot \frac{P^*}{\sqrt{T^*}} \cdot F \cdot q$$

де:  $m$  – коефіцієнт витрати;  $P^*$  - повний тиск, Па;  $T^*$  - повна температура,  $^{\circ}\text{K}$ ;  
 $F$  - площа прохідного перетину,  $\text{m}^2$ ;  $q$  – відносна щільність струму.

Виконати лінеаризацію при

$$P^* = P_0 ; T^* = T_0^* ; F = F_0^* ; q = q_0$$

**Рішення:** Виконаємо попереднє логарифмування:

$$\ln G_B = \ln m + \ln P^* - 0,5 \ln T^* + \ln F + \ln q$$

Дорівнюємо диференціали лівої і правої частини рівняння в точці «0»:

$$\frac{dG_B}{G_{B0}} = \frac{dP^*}{P^*_0} - 0,5 \frac{dT^*}{T^*_0} + \frac{dq}{q_0} .$$

Замінімо диференціали на кінцеві збільшення перемінних:

$$\frac{\Delta G_{\hat{A}}}{G_{\hat{A}0}} = \frac{\Delta P^*}{P^*_0} - 0,5 \frac{\Delta T^*}{T^*_0} + \frac{\Delta q}{q_0} .$$

Замінімо абсолютні відхилення на відносні:

$$\bar{G}_B = \bar{P}^* - 0,5\bar{T}^* + \bar{q}$$

**Завдання 3.2** Лінеаризувати рівняння витрати води через зрошувач:

$$Q = \mu \cdot f \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta P}$$

Виконати лінеаризацію рівняння при  $f=f_0$ ;  $\Delta P = \Delta P_0$ , вважаючи що  $\mu$  і  $\rho$  постійні

**Рішення:** Виконаємо попереднє логарифмування:

$$\ln Q = \ln \mu + \ln f - 0,5 \ln 2 + 0,5 \ln \rho + 0,5 \ln \Delta P .$$

4

Дорівнюємо диференціали лівої і правої частини рівняння в точці «0»:

$$\left(\frac{dQ}{Q}\right)_0 = \left(\frac{df}{f}\right)_0 + 0,5\left(\frac{d(\Delta P)}{\Delta P}\right)_0.$$

Замінімо диференціали на кінцеві збільшення перемінних:

$$\frac{\Delta Q}{Q_0} = \frac{\Delta f}{f_0} + 0,5\frac{\Delta(\Delta P)}{\Delta P_0}.$$

Замінімо абсолютні відхилення на відносні:

$$\bar{Q} = \bar{F} + 0,5\bar{\Delta P}$$

#### 4. Привести рівняння до стандартної форми запису

Завдання 4.1 Привести ДР до стандартного виду:

$$10\dot{\bar{y}} + 2\bar{y} = 4\bar{x}.$$

Рішення:

$$\frac{10\dot{\bar{y}}}{2} + \bar{y} = \frac{4\bar{x}}{2}; \quad 5\dot{\bar{y}} + \bar{y} = 2\bar{x}.$$

Завдання 4.2 Привести ДР до стандартного виду:

$$12\ddot{\bar{y}} + 7\dot{\bar{y}} + 4\bar{y} = 6\bar{x}; \quad T^2\ddot{\bar{y}} + 2dT\dot{\bar{y}} + 4\bar{y} = K\bar{x}$$

Рішення:

$$\frac{12\ddot{\bar{y}}}{4} + \frac{7\dot{\bar{y}}}{4} + \bar{y} = \frac{6\bar{x}}{4}; \quad 3\ddot{\bar{y}} + 1,75\dot{\bar{y}} + \bar{y} = 1,5\bar{x}; \quad T^2=3; \quad 2dT=1,75; \quad T=1,7; \quad d=0,5.$$

#### 5. Визначення передаточної функції

Завдання 5.1. Визначити передаточну функцію:

$$5\dot{\bar{y}} + \bar{y} = 3\bar{x}.$$

Рішення:

$$5pY + Y = 3X; \\ W(p) = \frac{Y}{X} = \frac{3}{3p+1}.$$

Завдання 5.2 Визначити передаточну функцію:

$$64\ddot{\bar{y}} + 4\dot{\bar{y}} + 2\bar{y} = 3\bar{x}.$$

Рішення:

$$32\ddot{\bar{y}} + 2\dot{\bar{y}} + \bar{y} = 1,5\bar{x}; \quad 32p^2Y + 2pY + Y = 1,5X.$$

$$W(p) = \frac{Y}{X} = \frac{1,5}{32p^2 + 2p + 1}.$$

**Завдання 5.3** Записати ДР по відомій передаточній функції:

$$W(P) = \frac{Y}{X} = \frac{5}{(3P+1)P}$$

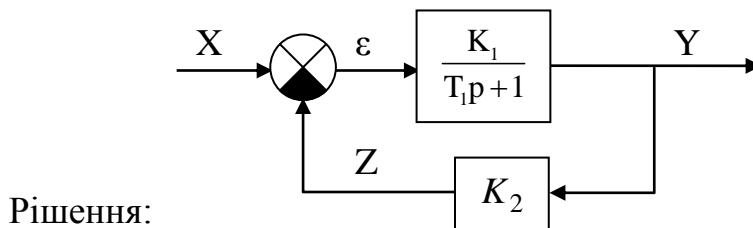
**Рішення:**

$$(3p+1)pY = 5X, \quad 3p^2Y + pY = 5X,$$

$$3\ddot{y} + \dot{y} = 5\bar{x}.$$

## 6. Визначення еквівалентної передаточної функції АС

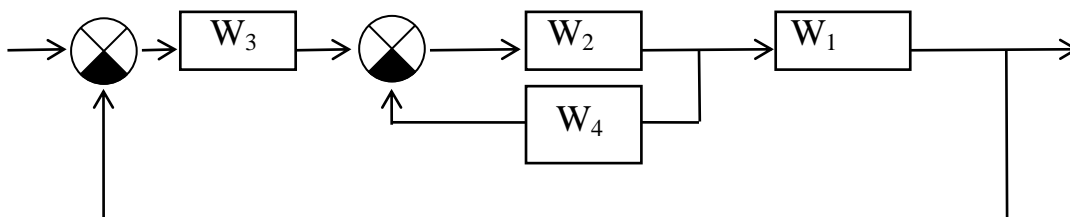
**Завдання 6.1** Визначити еквівалентну передаточну функцію АС:



$$W(P) = \frac{Y}{X} = \frac{\frac{K_1}{T_1P+1}}{1 + \frac{K_1}{T_1P+1}K_2} = \frac{K_1}{(T_1P+1) + K_1K_2} = \frac{K}{TP+1},$$

$$\text{де } K = \frac{K_1}{1 + K_1K_2}; \quad T = \frac{T_1}{1 + K_1K_2}.$$

**Завдання 6.2** Визначити еквівалентну передаточну функцію АС:

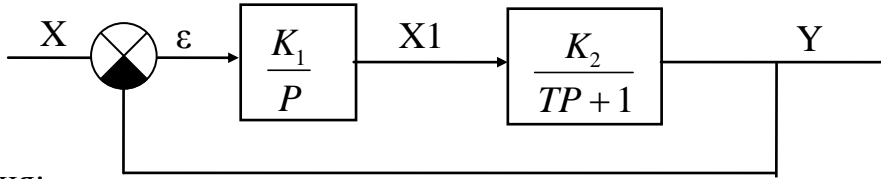


Рішення:

$$W_{2,4} = \frac{W_2}{1 + W_2 \cdot W_4}; \quad W_{3,2,4,1} = W_3 \cdot W_{2,4} \cdot W_1$$

$$W_{\hat{a}\hat{a}} = \frac{W_3 \cdot \frac{W_2}{1 + W_2 \cdot W_4} \cdot W_1}{1 + \frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{1 + W_2 \cdot W_4}} = \frac{W_1 W_2 W_3}{W_1 W_2 W_3 + W_2 W_4 + 1}$$

### Завдання 6.3 Визначити еквівалентну передаточну функцію АС:



Рішення:

$$W_{\varepsilon \dot{a}} = \frac{\frac{K_1}{P} \cdot \frac{K_2}{TP+1}}{1 + \frac{K_1}{P} \cdot \frac{K_2}{TP+1}} = \frac{K_1 K_2}{P(TP+1) + K_1 K_2} ;$$

$$W_{\varepsilon \dot{a}} = \frac{1}{T_1^2 P^2 + T_2 P + 1} ;$$

$$T_1^2 = \frac{T}{K_1 K_2} ; \quad T_2 = \frac{1}{K_1 K_2}$$

## 7. Письмове опитування по матеріалам заняття

Ведучий викладач видає кожному курсанту індивідуальне завдання (Додаток Б), яке містить теоретичне питання та практичну задачу. Другий викладач контролює роботу курсантів на місцях біля вікна, а ведучий – решти курсантів, причому необхідно щоб курсанти працювали самостійно, користуватися можна тільки довідковими таблицями [1, стор. 34].

Після написання роботи другий викладач перевіряє роботи курсантів, а ведучий викладач продовжує заняття.

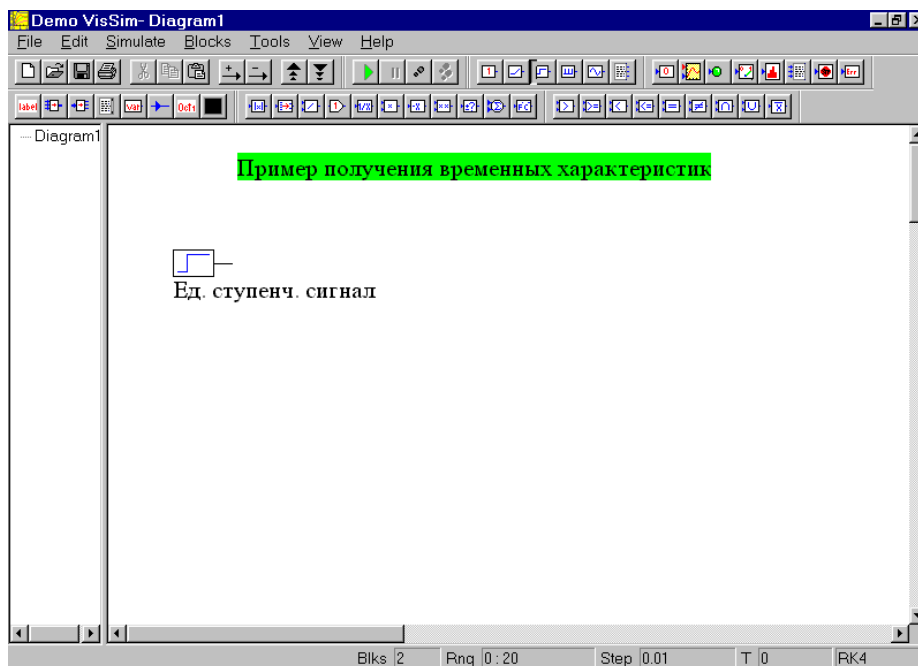
## 8. Побудова часових характеристик елементів пожежної автоматики в системі VisSim

Даний матеріал подається ведучим викладачем з демонстрацією можливостей програми VisSim на персональному комп'ютері (за допомогою програми NetOp Scool), важливі моменти даються під запис, послідовність виконання певних операцій дається під запис.

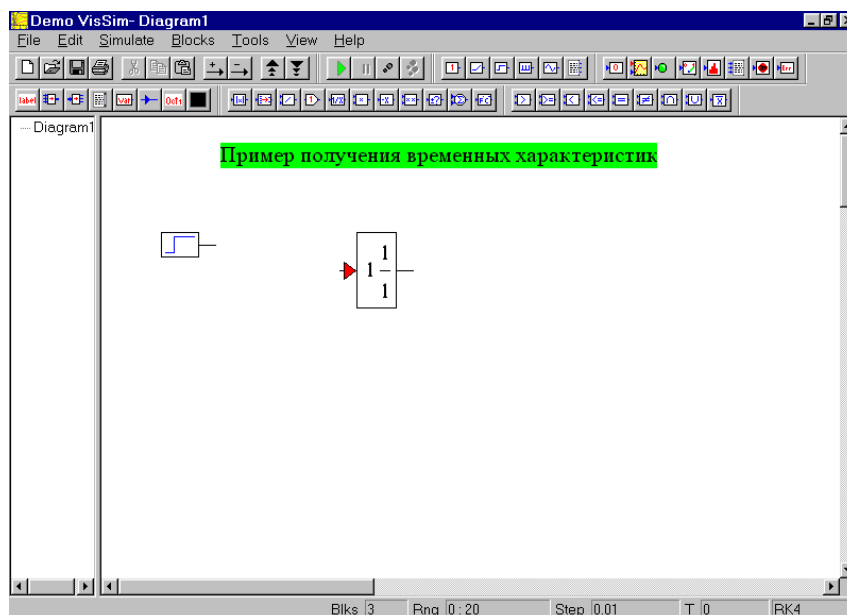
Другий викладач закінчує перевіряти роботи.

**Алгоритм роботи по отриманню часових характеристик**

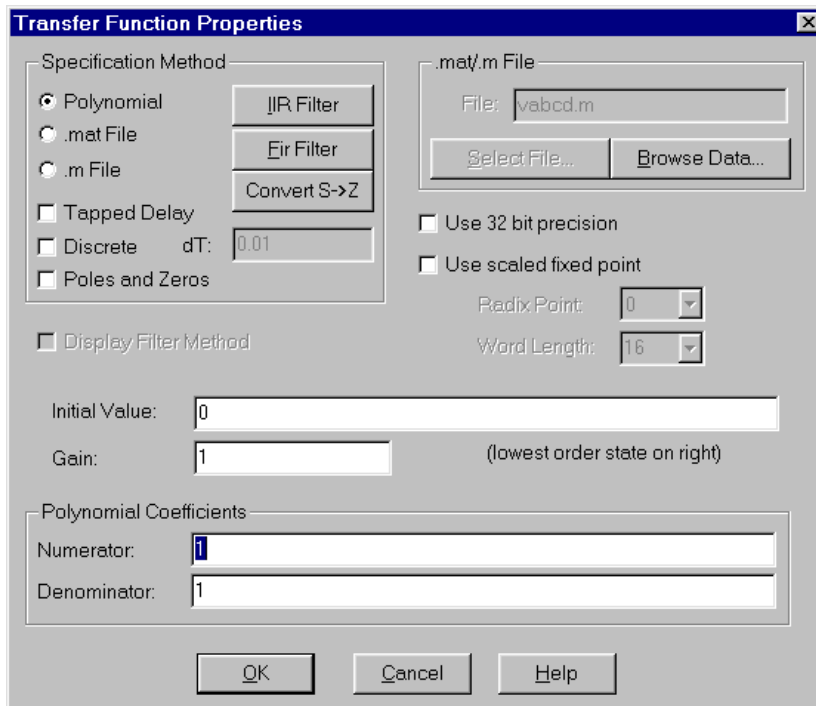
### 8.1 На робочому полі встановити піктограму одиничного ступінчастого сигналу



### 8.2 Правіше встановити піктограму передаточної функції. Для цього послідовно обираються пункти меню Bloks –Linear system – transferFunction

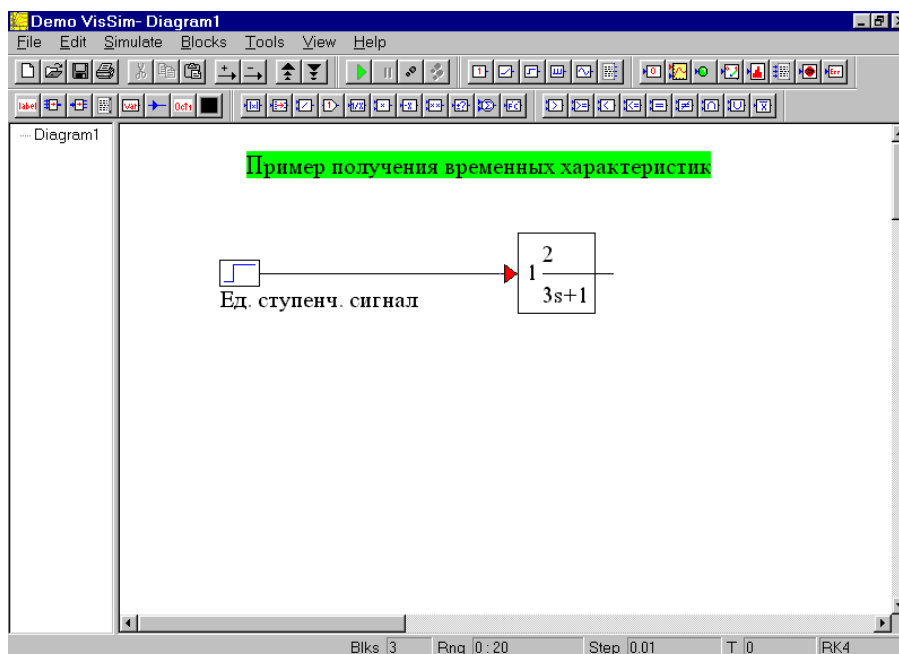


### 8.3 Вказати значення полінома чисельника та знаменника. Для цього підводимо курсор до піктограми і натискаємо праву клавішу миші



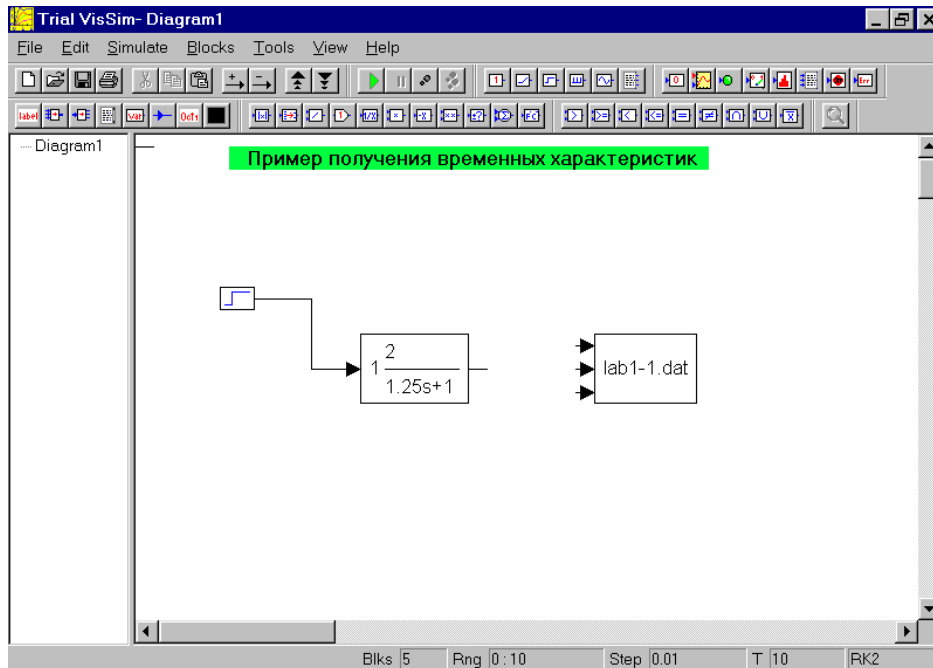
У вікні **Polynomial Coefficient** задаємо значення коефіцієнтів чисельника та знаменника передаточної функції відповідно до індивідуального завдання

### 8.4 Поєднати вихід генератора одиничного сигналу з входом передаточної функції





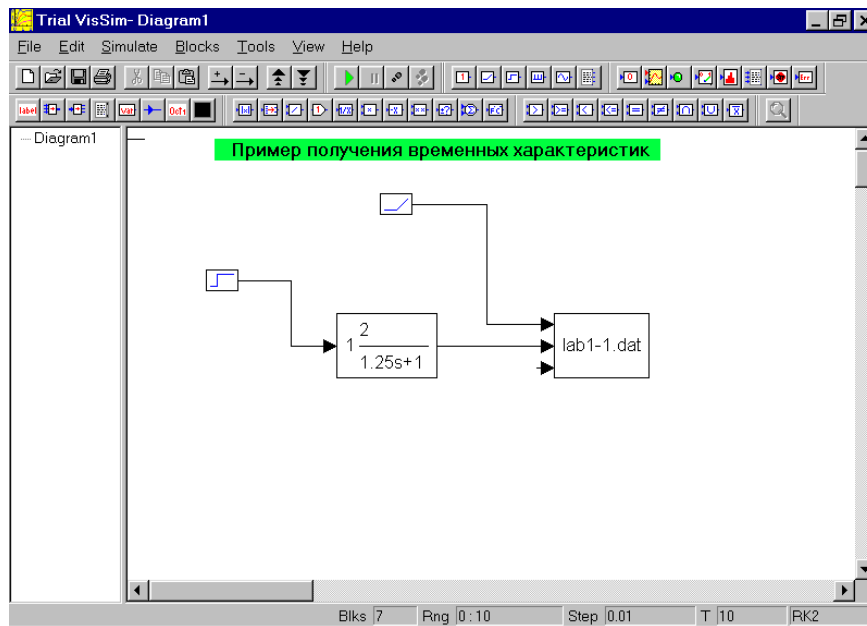
## 8.5 Встановити піктограму вихідного сигналу типу export (натискаючи третю зправа кнопку у верхньому ряду).



Задати властивості цього блоку, для цього навести курсор на піктограму **export** і натиснути праву клавішу миші

натиснути кнопку **Select File...** та вказати місце на жорсткому диску де буде розташований файл результатів розрахунку **lab1-1- .dat** в полі **Data File Name** повинно з'явитись путь та ім'я файлу, в якому будуть зберігатись результати розрахунків. В полі **Data Point Time Delta** записати значення шагу виводу даних **Fixed Interval 0.5**

## 8.6 Над піктограмою передаточної функції встановити піктограму вхідного сигналу що змінюється лінійно



Поєднати перший вхід піктограми **export** з виходом піктограми сигналу що лінійно змінюється, а другий вхід з виходом передаточної функції.

**8.7 Виконати розрахунки, для цього необхідно натиснути клавішу F5 на клавіатурі або кнопку Go на панелі кнопок.**

**8.8 Розглянути результати розрахунків. Навести курсор на піктограму export і натиснути праву клавішу миші, натиснути кнопку Browse Data... На екрані з'явиться наступне вікно**

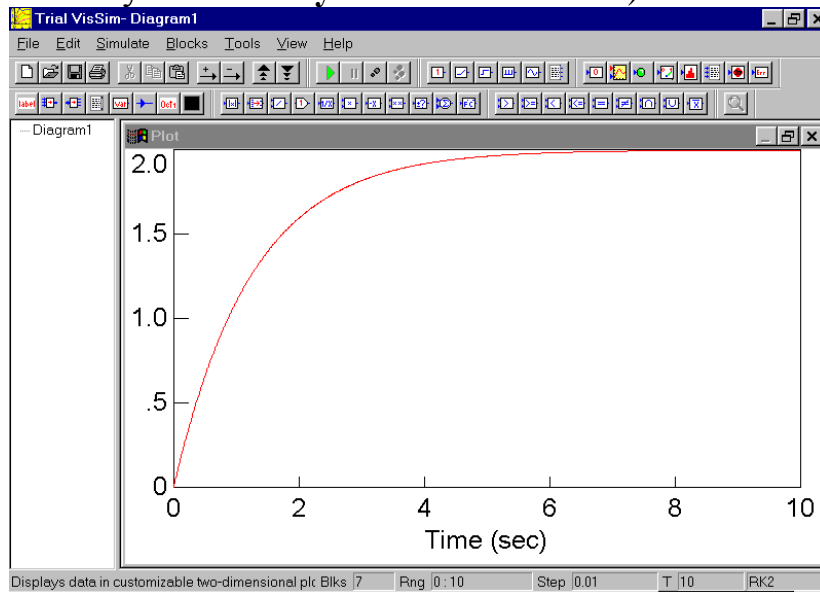
```

;properties time function #1
#I=0,10,0.5; Diagram1 @ Thu Oct 17 23:00:35 2002
0          0
0.5       0.659359907928722
1         1.10134207176556
1.5      1.39761157617559
2        1.59620696401069
2.5     1.72932943352677
3       1.81856409342117
3.5    1.87837987474956
4      1.91847559204327
4.5   1.94535255510541
5    1.96336872222253
5.5  1.97544532019386

```

Перша колонка містить значення поточного часу а друга значення вихідного сигналу. Переписати отриманні данні до зошита у вигляді таблиці, округляючи значення вихідного сигналу до однієї соті. За отриманими даними збудувати графік перехідного процесу.

Натиснути кнопку **Plot**, розташувати піктограму під зображенням передаточної функції. Поєднати вихід передаточної функції з одним з входів графіку. Виконати розрахунок (натиснути клавішу **F5**). Розгорнути отриманий графік на все робоче поле (натиснути кнопку **Максимізувати** на вікні **Plot** ).



Перевірити зображення на моніторі з графіком перехідної функції що збудована за табличними даними. Повернутися в попереднє становище натиснувши кнопку **Мінімізувати**.

### 8.9 Виконання індивідуальних завдань.

Кожному курсанту видається індивідуальне завдання (Додаток Б), яке курсанти виконують самостійно, за допомогою ПЕОМ та алгоритму роботи, який знаходиться на кожному робочому місті. В кожній робочій групі (1 комп'ютер – 2 курсанта) призначається старший з числа найбільш встигаючих курсантів, який відповідає за вірність виконання інструкцій на комп'ютері. За 1-м – 4-м робочими місцями закріплюється ведучий викладач, за 5-м – 10-м другий викладач. Обидва викладачі в цей час слідкують за перебігом роботи на робочих місцях і відповідають на запитання, що постають індивідуально або дають пояснення для всієї групи.

### ЛЗ-1 Исследование переходных характеристик динамических звеньев.

#### Цель работы:

3. Получение навыков численного исследования динамических систем.
4. Получение навыков обработки графических результатов исследования.

#### Задание 1.

#### Исследование ПХ реального позиционного звена (датчик теплового ИП)

#### Исследование влияния величины входного сигнала на ПХ

#### Выполнение работы.

##### 1.1. Записать уравнение динамики АС:

$$\underline{\hspace{10em}} \quad T\dot{\bar{y}} + \bar{y} = K\bar{x} \quad \underline{\hspace{10em}}$$

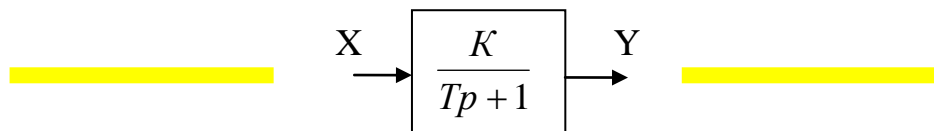
##### 1.2. Записать передаточную функцию АС:

$$\underline{\hspace{10em}} \quad W(p) = \frac{K}{Tp+1} \quad \underline{\hspace{10em}}$$

##### 1.3. Записать переходную функцию:

$$\underline{\hspace{10em}} \quad \bar{y}(t) = K(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad \underline{\hspace{10em}}$$

##### 1.4. Составить функциональную схему АС:



##### 1.5. Составить план эксперимента:

Таб.1.

№ графика	1	2
$K$	2	2
$T$	1	1
$x(t)$	1	2
<b>Определить по графикам</b>		
$t_R$	<b>3</b>	<b>3</b>
$y(\infty)$	<b>2</b>	<b>4</b>

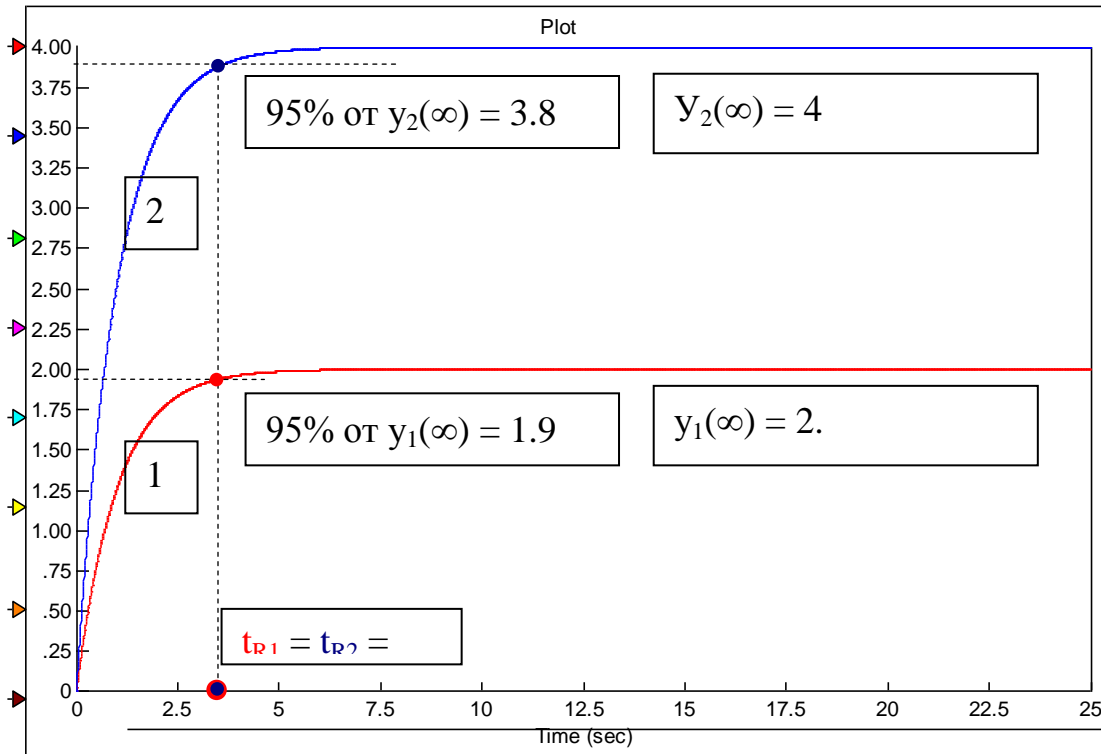
(Вместо  $K$ ,  $T$  номер по списку / рабочего места?)

### 1.6. Изобразить ПХ.

На графиках ПХ выполнить следующие действия:

- подписать полученные графики ПХ;
- определить  $t_R$  из условия входа ПХ в 5% зону от  $y(\infty)$ ;

Полученные данные заносятся в Таб.1



### 1.7. На основании полученных данных, сделать и записать выводы по ЛР.

#### Выводы:

1. В лабораторной работе исследовалось влияние величины входного сигнала на переходные характеристики позиционных звеньев.

2. Из графиков 1, 2 видно, что уровень выходного сигнала пропорционален уровню входного сигнала.

$$\bar{y}(\infty) = K \bar{x}$$

3. Из графиков 1, 2 видно, что уровень входного сигнала не влияет на время переходного процесса  $t_R$ . При этом:

$$t_R = 3T$$

Задание 2.**Исследование ПХ идеального интегрирующего звена  
(изменение температуры в помещении при пожаре)****Исследовать влияние постоянной времени на вид ПХ****Выполнение работы.****2.1. Записать уравнение динамики АС:**

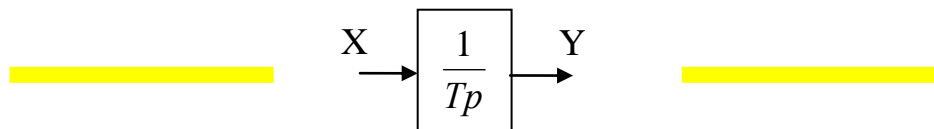
$$\underline{\hspace{2cm}} \quad T\dot{\bar{y}} = \bar{x} \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

**2.2. Записать передаточную функцию АС:**

$$\underline{\hspace{2cm}} \quad W(p) = \frac{1}{Tp} \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

**2.3. Записать переходную функцию:**

$$\underline{\hspace{2cm}} \quad \bar{y}(t) = \frac{1}{T}t \quad \underline{\hspace{2cm}}$$

**2.4. Составить функциональную схему АС:****2.5. Составить план эксперимента: Таб.1.**

№ графика	1	2
$T$	1	0,5
$x(t) = a(t)$	1	1
<b>Определить по графикам</b>		
$a$		

**(Вместо К, Т номер по списку / рабочего места?)**

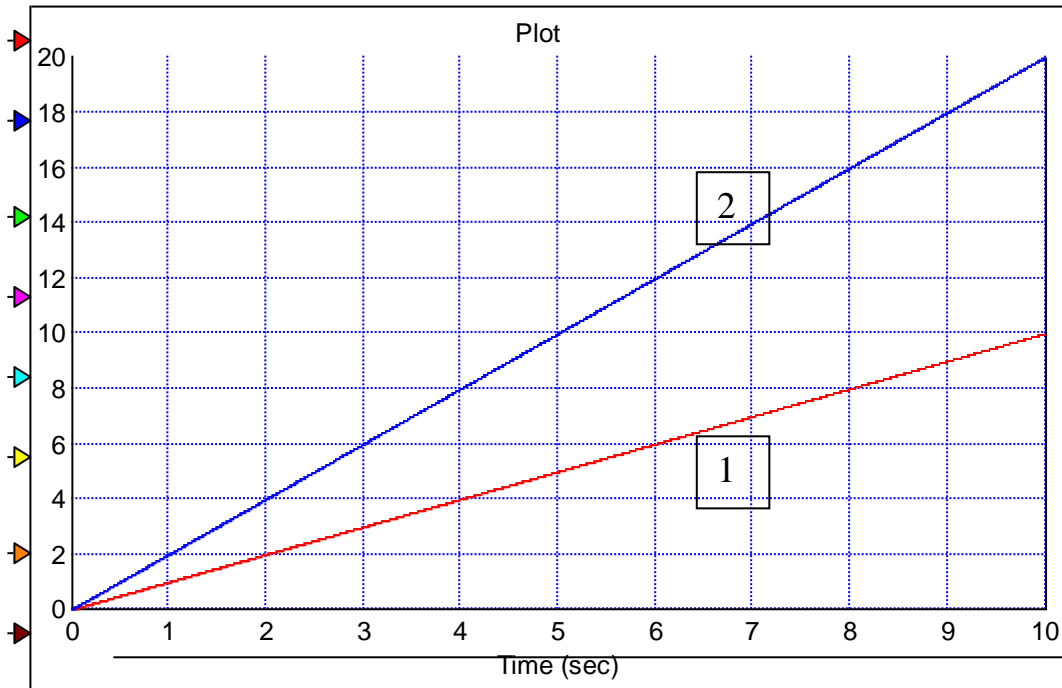
## 2.6. Изобразить ПХ.

На графиках ПХ выполнить следующие действия:

- подписать полученные графики ПХ;
- определить угол наклона  $\alpha$ :

$$\alpha = \arctg (1/T)$$

Полученные данные заносятся в Таб.1



## 2.7. На основании полученных данных, сделать и записать выводы по ЛР.

### Выводы:

1. В лабораторной работе исследовалось влияние постоянной времени  $T$  на ПХ идеального интегрирующего звена.

2. Из графиков 1, 2 видно, что при изменении постоянной времени  $T$ , угол наклона ПХ  $\alpha$  изменяется.

Задание 3.**Исследование ПХ идеального дифференцирующего звена  
(реальный измеритель скорости)**

Исследовать влияние постоянной времени на вид ПХ

Выполнение работы.

3.1. Записать уравнение динамики АС:

$$T \frac{dy}{dt} + y = Kx$$

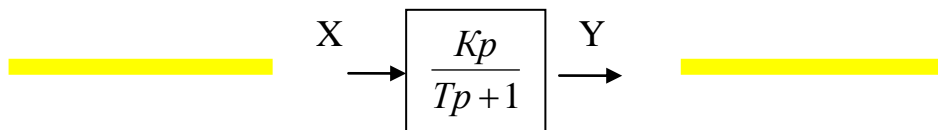
3.2. Записать передаточную функцию АС:

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

3.3. Записать переходную функцию:

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

3.4. Составить функциональную схему АС:



3.5. Составить план эксперимента:

Таб.1.

№ графика	1	2
$K$	4	4
$T$	1	2
$x(t)$	1	1
<b>Определить по графикам</b>		
$t_R$	3	6
$y(\infty)$	4	2

(Вместо  $K$ ,  $T$  номер по списку / рабочего места?)

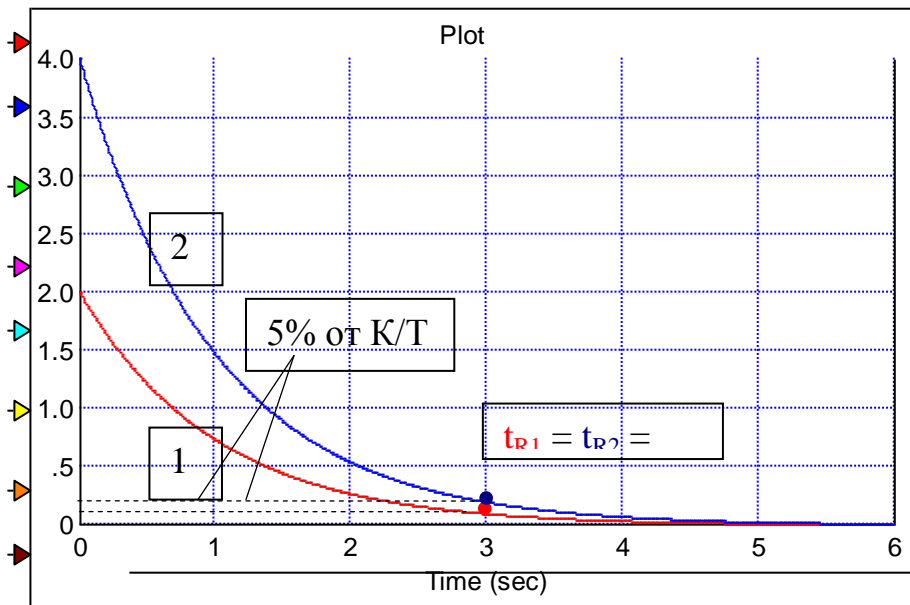


### 3.6. Изобразить ПХ.

На графиках ПХ выполнить следующие действия:

- подписать полученные графики ПХ;
- определить  $t_R$  из условия входа ПХ в 5% зону от  $K/T$ ;

Полученные данные заноситься в Таб.1



1.7. На основании полученных данных, сделать и записать выводы по ЛР.

#### Выводы:

1. Из графиков 1, 2 видно, что при изменении постоянной времени реального дифференцирующего звена изменяется максимальное значение выходного сигнала:

$$\bar{y}_{\max} = \frac{K}{T}$$

И время переходного процесса:  $t_R = 3T$

2. Чем меньше постоянная времени  $T$ , тем лучше ПХ реального дифференцирующего звена соответствует ПХ идеального дифференцирующего звена.

## Задание 4

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ИССЛЕДОВАТЬ ПХ ЭЛЕМЕНТА АС**  
(тепловой дифференциальный ИП):

Исследование влияния соотношения постоянных времени датчиков теплового дифференциального ИП на вид ПХ

**Выполнение работы.**

**3.1. Записать уравнение динамики АС:**

$$T_1 \dot{\bar{y}}_1 + \bar{y}_1 = K\bar{x}$$

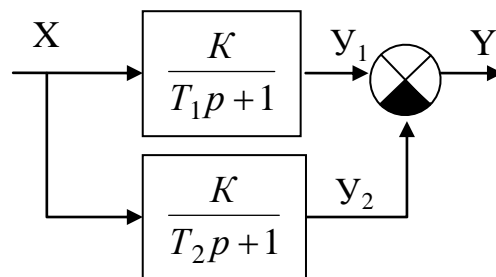
$$T_2 \dot{\bar{y}}_2 + \bar{y}_2 = K\bar{x}$$

$$Y = y_1 - y_2$$

**3.2. Записать передаточные функции элементов АС:**

$$W_1(p) = \frac{Y_1}{X} = \frac{K}{T_1 p + 1}; \quad W_2(p) = \frac{Y_2}{X} = \frac{K}{T_2 p + 1}$$

**3.3. Составить функциональную схему АС с параллельным размещением 2 позиционных звеньев:**



**3.4. Определим  $W_{\text{экв}}$ .**

$$W_{\Sigma}(p) = \frac{Y}{X} = W_1(p) - W_2(p) = \frac{K}{T_1 p + 1} - \frac{K}{T_2 p + 1};$$

$$W_{\Sigma}(p) = \frac{K(T_2 p + 1) - K(T_1 p + 1)}{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1)} = \frac{KT_2 p - KT_1 p + K - K}{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1)}$$

Тогда:

$$W_{\Sigma}(p) = \frac{KT_2 p - KT_1 p}{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1)} = \frac{\hat{E}(T_2 - T_1) \delta}{T_1 T_2 p^2 + (T_1 + T_2) \delta + 1}$$

Если  $T_1 \ll T_2$ , то

$$W_{\Sigma}(p) \approx \frac{\hat{E} T_2 \delta}{T_2 \delta + 1}$$

Реальное дифференцирующее звено

### 3.5. Составить план эксперимента:

Таб.1.

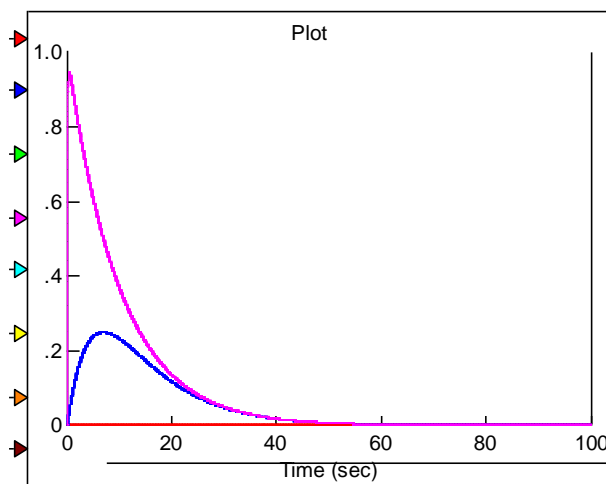
№ графика	1	2	3
$K$	1	1	2
$T_1$	10	5	0.1
$T_2$	10	10	10
<b>Определение по графикам</b>			
$K_{сум}$			
$t_R$			

### 3.5. Изобразить ПХ.

На графиках ПХ выполнить следующие действия:

- подписать полученные графики ПХ;
- определить  $t_R$  из условия входа ПХ в 5% зону от  $y(\infty)$ ;

Полученные данные заносятся в Таб.1

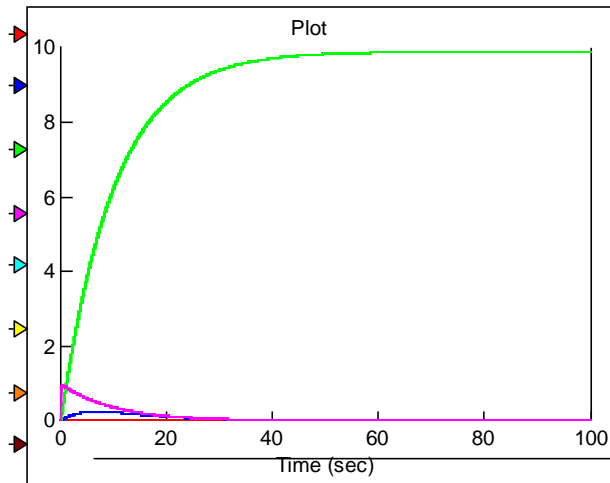


1. Анализ графиков 1,2,3 показывает, что с уменьшением инерционности  $T_1$ , ПХ АС становится схожим с ПХ реального дифференцирующего звена.

2. При соотношении инерционностей звеньев  $T_1/T_2 = 1/100$ , ПХ АС уже приближается к ПХ реального дифференцирующего звена.

При добавлении идеального интегрирующего звена, АС учитывает изменение входного сигнала – скорость роста температуры.

АС – дифференциальный извещатель (график 4), обрабатывает рост температуры и выдает сигнал в виде ПХ реального позиционного звена.



## 9 Захист лабораторної роботи

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.

## 10. Видача завдання на самопідготовку.

по наступним джерелам:

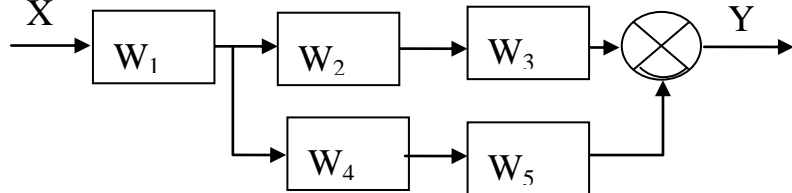
1. Абрамов Ю. А. Основи пожарной автоматики. МВД Украины, Харьков ХГТУСА, 1993г. Стр. 17-45.0
2. Методические указания к практическим и индивидуальным занятиям по дисциплине "Пожарная автоматика" /составители Ю.А. Абрамов, Харьков: ХГТУСА, 1994 г. Стр. 22-30

Питання письмового опитування Додаток А.ВАРІАНТ №1

1. Визначити  $W_p$  ПФ для:  $2\dot{y} + \bar{y} = 3\bar{x}$ ;

2. Визначити ПФ, зобразити ПХ для п.1;

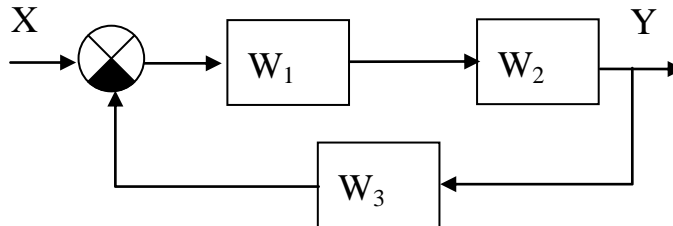
3. Визначити ПФ<sub>екв</sub> АС:

ВАРІАНТ №2

1. Записати ДР по відомій ПФ:  $W(p) = \frac{Y}{X} = \frac{4}{2p+1}$ ;

2. Визначити ПФ, зобразити ПХ для п.1;

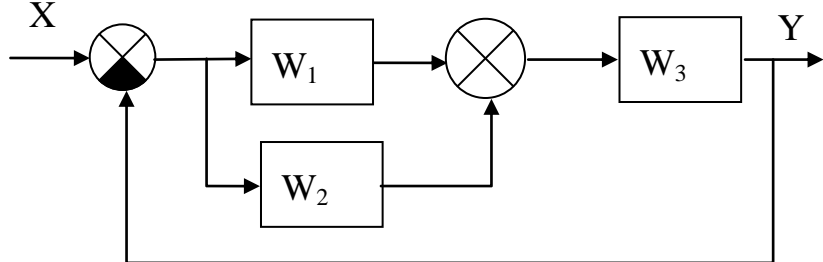
3. Визначити ПФ<sub>екв</sub> АС:

ВАРІАНТ №3

1. Визначити  $W_p$  для:  $4\ddot{y} + 5\dot{y} = 3\dot{x}$ ;

2. Визначити ПФ, зобразити ПХ для п.1;

3. Визначити ПФ<sub>екв</sub> АС:

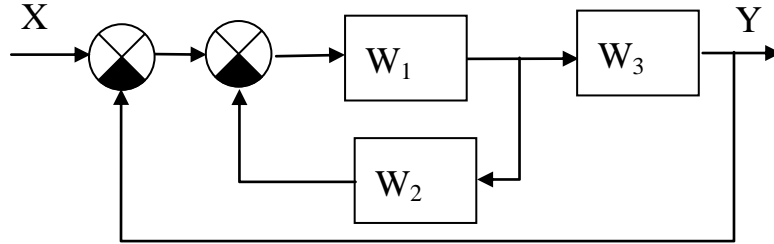


**ВАРІАНТ № 4**

1. Записати ДР по відомій ПФ:  $W(p) = \frac{Y}{X} = \frac{5p}{3p^2 + 2p + 1}$ .

2. Визначити ПФ, зобразити ПХ для п.1;

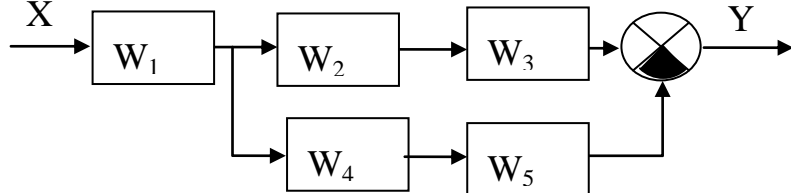
3. Визначити ПФ<sub>екв</sub> АС:

**ВАРІАНТ № 5**

1. Визначити  $W_p$  для:  $20\ddot{y} + 2\dot{y} = 6\dot{x}$ .

2. Визначити ПФ, зобразити ПХ для п.1;

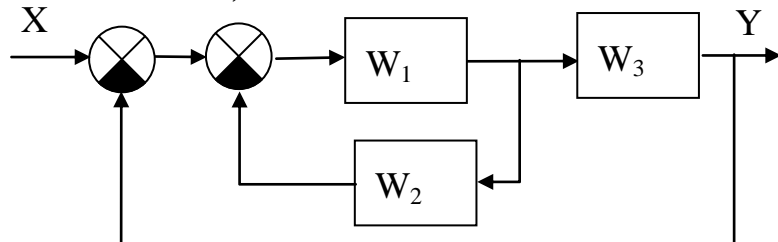
3. Визначити ПФ<sub>екв</sub> АС:

**ВАРІАНТ № 6**

1. Записати ДР по відомій ПФ:  $W(p) = \frac{Y}{X} = \frac{5}{3p^2 + 2p + 1}$

2. Визначити ПФ, зобразити ПХ для п.1;

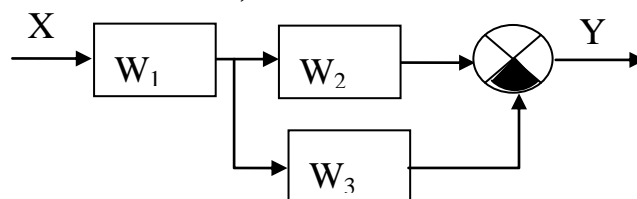
3. Визначити ПФ<sub>екв</sub> АС:

**ВАРІАНТ № 7**

1. Визначити  $W_p$  для:  $6\ddot{y} + \dot{y} + 2y = 6\dot{x}$

2. Визначити ПФ, зобразити ПХ для п.1;

3. Визначити ПФ<sub>екв</sub> АС:

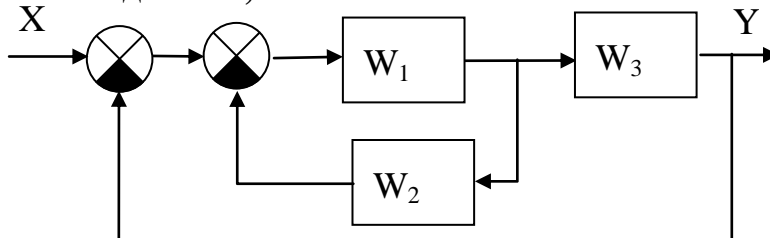


**ВАРІАНТ № 8**

1. Записати ДР по відомій ПФ:  $W(p) = \frac{Y}{X} = \frac{5}{2p+1}$

2. Визначити ПФ, зобразити ПХ для п.1;

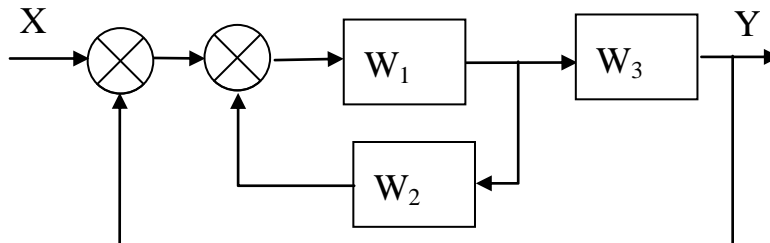
3. Визначити ПФ<sub>екв</sub> АС:

**ВАРІАНТ № 9**

1. Записати ДР по відомій ПФ:  $W(p) = \frac{Y}{X} = \frac{5p}{2p+1}$

2. Визначити ПФ, зобразити ПХ для п.1;

3. Визначити ПФ<sub>екв</sub> АС:







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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Начальник кафедри АСБІТ

полковник служби цивільного захисту

О.А. Дерев'янку

Лабораторна робота № 2

з дисципліни "Системи автоматичного контролю та спостереження"

**Розділ 1** Теоретичні основи будови систем автоматичного контролю та спостереження

**Тема 2** Математичне описання систем автоматичного контролю та спостереження

**Тема лабораторної роботи**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕМЕНТІВ  
СИСТЕМ АВТОМАТИКИ**

**Мета роботи:**

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

Час проведення заняття: 160 хвилин.

Методичну розробку склав:

Доцент кафедри АСБтаІТ

полковник служби цивільного захисту

В.О. Дурєєв

ХАРКІВ

## План проведення заняття.

1.	Оголошення теми та мети заняття	2 хвил.
2	Інструктаж по техніці безпеки	5 хвил.
3	Визначення стійкості АС	45 хвил.
5	Визначення еквівалентної передаточної функції АС	23 хвил.
6	Письмове опитування по матеріалам заняття	10 хвил.
7	Побудова елементів пожежної автоматики в системі VisSim	15 хвил.
8	Виконання індивідуальних завдань	40 хвил.
9.1	Дослідження стійкості АС	40
10	Прийняття захисту	17
11	Видача завдання на самопідготовку	2 хвил.

**Мета роботи:** надбання практичних навичок визначення частотних характеристик елементів та пристроїв систем пожежної автоматики за допомогою пакетів прикладних програм.

**Задание**

**Исследовать переходную характеристику позиционного звена 2-порядка (пожарный насос)**

Выполнить исследование влияния декремента затухания  $d$  на переходную характеристику позиционного звена 2-порядка.

**Выполнение работы.**

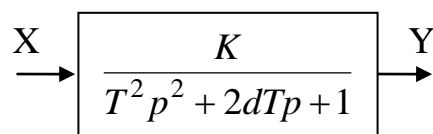
**2.1. Записать уравнение динамики АС:**

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

**2.2. Записать передаточную функцию АС:**

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

**2.4. Составить функциональную схему АС:**



**2.5. Составить план эксперимента:**

**Таб.1.**

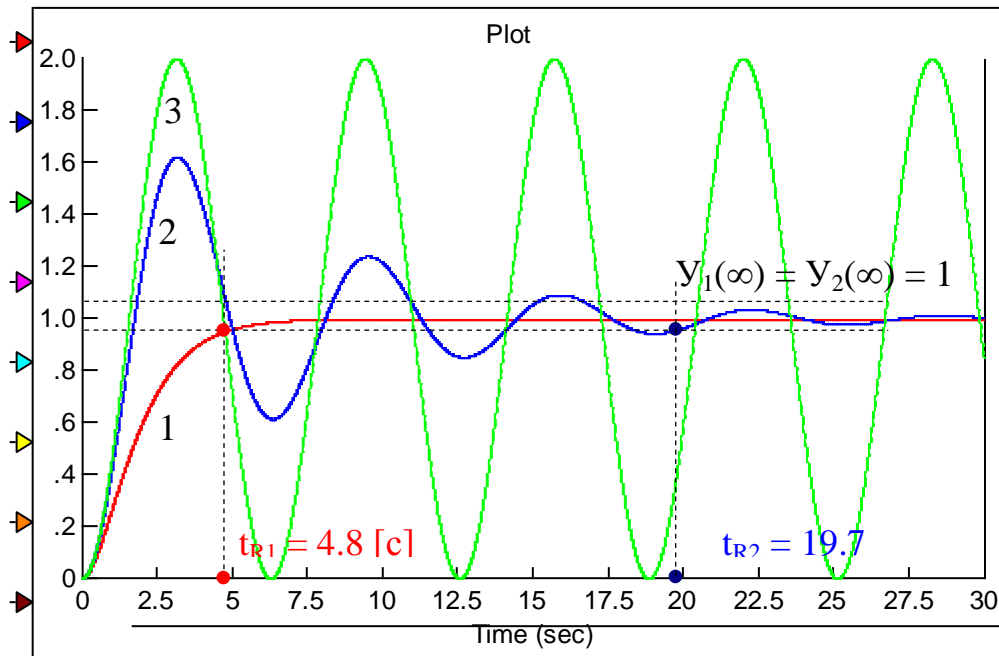
№ графіка	1	2	3
$K$	1	1	1
$T$	1	1	1
$d$	1	0.3	0
$t_R$			
$y(\infty)$			

## 2.6. Изобразить ПХ.

На графиках ПХ выполнить следующие действия:

- подписать полученные графики ПХ;
- определить  $t_R$  из условия входа ПХ в 5% зону от  $y(\infty)$ ;

Полученные данные заноситься в Таб.1



## 2.7. На основании полученных данных, сделать и записать выводы по ЛР.

### Выводы:

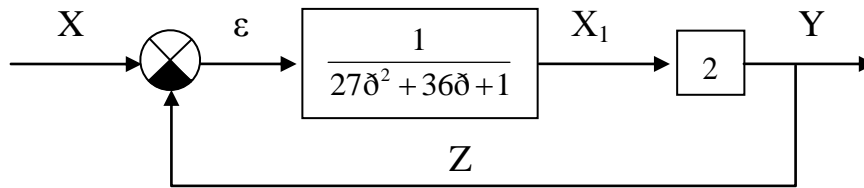
1. Исследовалось влияния декремента затухания  $d$  на ПХ позиционного звена 2-порядка.

2. Из графиков 1, 2, 3 видно, что изменение декремента затухания  $d$  влияет на вид ПХ позиционного звена 2-порядка:

- $t_{R1} =$  ;
- $t_{R2} =$  ;
- $t_{R3}$  – не существует.

3. Оптимальная форма ПХ, соответствует декременту затухания:  $d = 0,7$ .  
При этом, время  $t_R$  переходного процесса – минимальное.

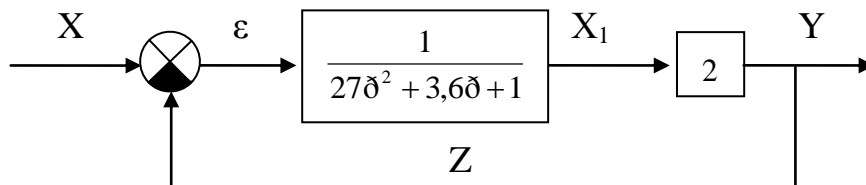
## Варіант 1



Виконати:

- записати  $W_{\text{ЕКВ}}$ ;
- записати рівняння АС в стандартній формі;
- визначити:  $T$ ,  $d$ ,  $K$ ;
- записати перехідну функцію;
- зобразити типову перехідну характеристику.

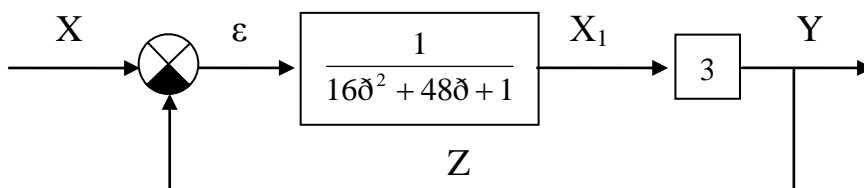
## Варіант 2



Виконати:

- записати  $W_{\text{ЕКВ}}$ ;
- записати рівняння АС в стандартній формі;
- визначити:  $T$ ,  $d$ ,  $K$ ;
- записати перехідну функцію;
- зобразити типову перехідну характеристику.

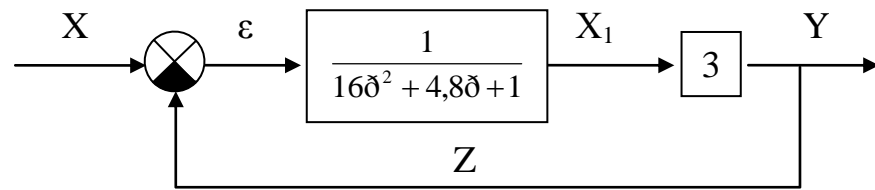
## Варіант 3



Виконати:

- записати  $W_{\text{ЕКВ}}$ ;
- записати рівняння АС в стандартній формі;
- визначити:  $T$ ,  $d$ ,  $K$ ;
- записати перехідну функцію;
- зобразити типову перехідну характеристику.

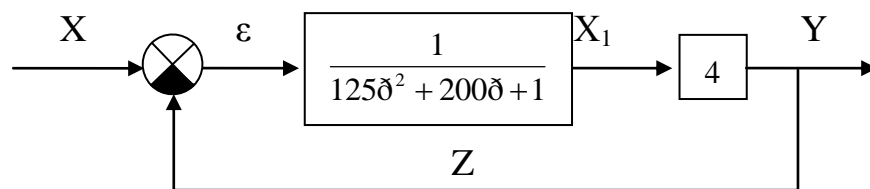
## Варіант 4



Виконати:

- записати  $W_{\text{Екв}}$ ;
- записати рівняння АС в стандартній формі;
- визначити:  $T$ ,  $d$ ,  $K$ ;
- записати перехідну функцію;
- зобразити типову перехідну характеристику.

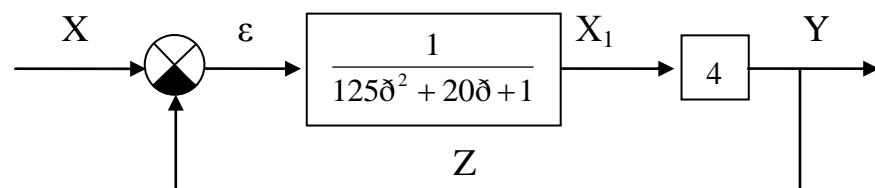
## Варіант 5



Виконати:

- записати  $W_{\text{Екв}}$ ;
- записати рівняння АС в стандартній формі;
- визначити:  $T$ ,  $d$ ,  $K$ ;
- записати перехідну функцію;
- зобразити типову перехідну характеристику.

## Варіант 6



Виконати:

- записати  $W_{\text{Екв}}$ ;
- записати рівняння АС в стандартній формі;
- визначити:  $T$ ,  $d$ ,  $K$ ;
- записати перехідну функцію;
- зобразити типову перехідну характеристику.

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Начальник кафедри АСБІТ

полковник служби цивільного захисту

О.А. Дерев'янку

Лабораторна робота № 3

з дисципліни "Системи автоматичного контролю та спостереження"

**Розділ 1** Теоретичні основи будови систем автоматичного контролю та спостереження

**Тема 3** Оцінка стійкості лінійних автоматичних систем контролю та спостереження

**Тема лабораторної роботи**

**ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ.  
ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ АС**

**Мета роботи:**

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

Час проведення заняття: 160 хвилин.

Методичну розробку склав:

Доцент кафедри АСБтаІТ

полковник служби цивільного захисту

В.О. Дурєєв

ХАРКІВ

## План проведення заняття.

1.	Оголошення теми та мети заняття	2 хвил.
2	Інструктаж по техніці безпеки	5 хвил.
3	Визначення стійкості АС	45 хвил.
5	Визначення еквівалентної передаточної функції АС	23 хвил.
6	Письмове опитування по матеріалам заняття	10 хвил.
7	Побудова елементів пожежної автоматики в системі VisSim	15 хвил.
8	Виконання індивідуальних завдань	40 хвил.
9.1	Дослідження стійкості АС	40
10	Прийняття захисту	17
11	Видача завдання на самопідготовку	2 хвил.

**Мета роботи:** надбання практичних навичок визначення стійкості елементів та пристроїв систем пожежної автоматики за допомогою пакетів прикладних програм.

**Задание 1.** Исследовать устойчивость реального позиционного звена  
(модель пожарного насоса)

Выполнить исследование влияния постоянной времени  $T$  на устойчивость реального позиционного звена.

**Выполнение работы.**

**1.1. Записать уравнение динамики АС:**

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

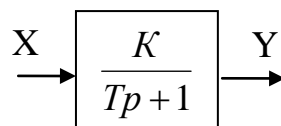
**1.2. Записать передаточную функцию АС:**

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

**1.3. Записать переходную функцию:**

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

**1.4. Составить функциональную схему АС:**



1.5. Составить план эксперимента: Таб.1.

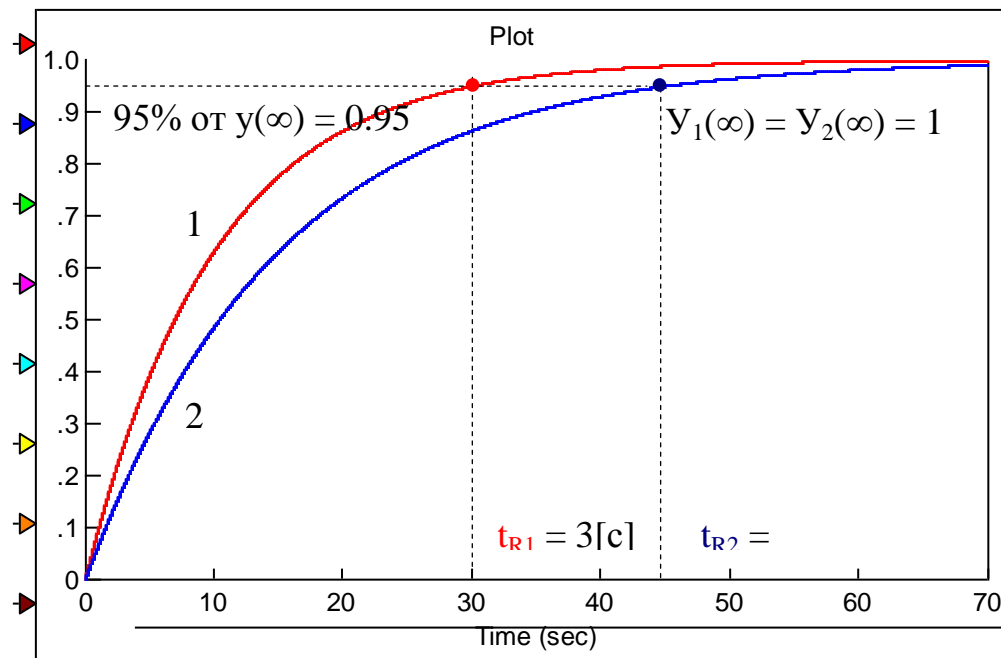
№ графика	1	2
$K$	1	1
$T$	N по списку	N по списку + 5
<b>Определить по графикам</b>		
$t_R$		
$y(\infty)$		

1.6. Изобразить ПХ.

На графиках ПХ выполнить следующие действия:

- подписать полученные графики ПХ;
- определить  $t_R$  из условия входа ПХ в 5% зону от  $y(\infty)$ ;

Полученные данные заноситься в Таб.1



1.7. На основании полученных данных, сделать и записать выводы по ЛР.

**Выводы:**

1. В задании 1 исследовалось влияние постоянной времени  $T$  на устойчивость реальных позиционных звеньев.

2. Из графиков 1, 2 видно, что изменение постоянной времени  $T$  не снижает устойчивость реальных позиционных звеньев.

3. АС, состоящая из 1 реального позиционного звена – всегда устойчива.



**Задание 2.****Исследовать устойчивость позиционного звена 2-порядка  
(пожарный насос)**

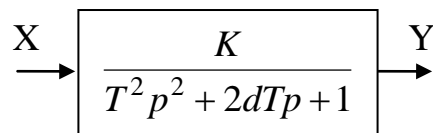
Выполнить исследование влияния декремента затухания  $d$  на устойчивость позиционного звена 2-порядка.

**Выполнение работы.****2.1. Записать уравнение динамики АС:**

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

**2.2. Записать передаточную функцию АС:**

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

**2.4. Составить функциональную схему АС:****2.5. Составить план эксперимента:****Таб.1.**

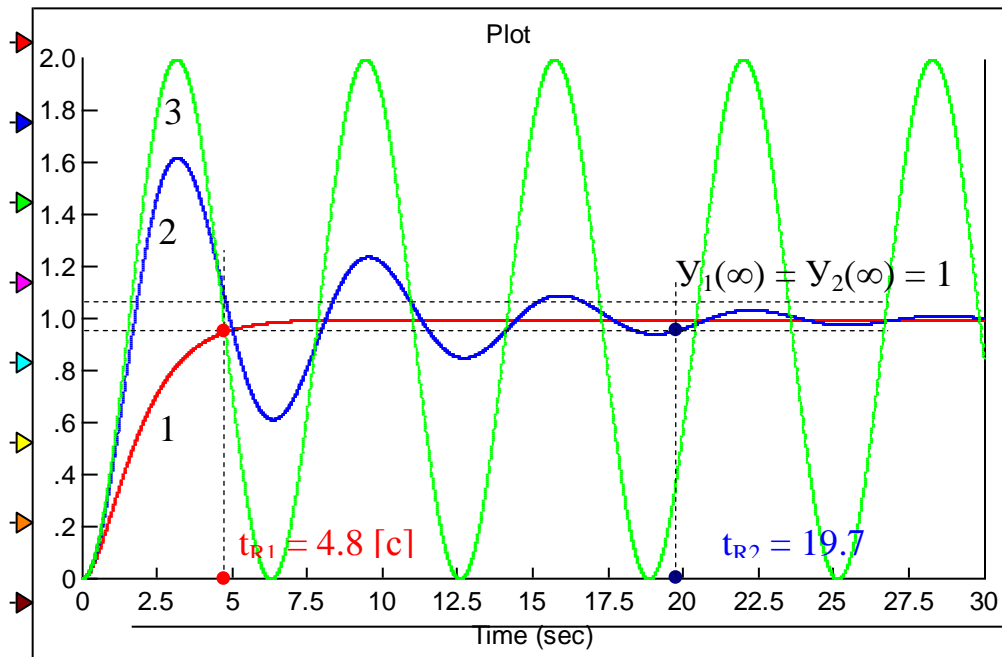
№ графика	1	2	3
$K$	1	1	1
$T$	1	1	1
$d$	1	0.3	0
$t_R$	4.8	19.7	–
$y(\infty)$	1	1	–

**2.6. Изобразить ПХ.**

На графиках ПХ выполнить следующие действия:

- подписать полученные графики ПХ;
- определить  $t_R$  из условия входа ПХ в 5% зону от  $y(\infty)$ ;

Полученные данные заноситься в Таб.1



**2.7. На основании полученных данных, сделать и записать выводы по ЛР.**

**Выводы:**

1. В задании 2 исследовалось влияния декремента затухания  $d$  на устойчивость позиционного звена 2-порядка.

2. Из графиков 1, 2, 3 видно, что изменение декремента затухания  $d$  влияет на устойчивость позиционного звена 2-порядка:

- звенья 1 и 2 – устойчивые;
- звено 3 ( $d=0$ ) – не устойчивое;

3. Рост декремента затухания  $d$ , приводит к повышению устойчивости АС.

### Задание 3. Исследовать устойчивость замкнутой АС

(система поддержания давления воды в АУВПТ)

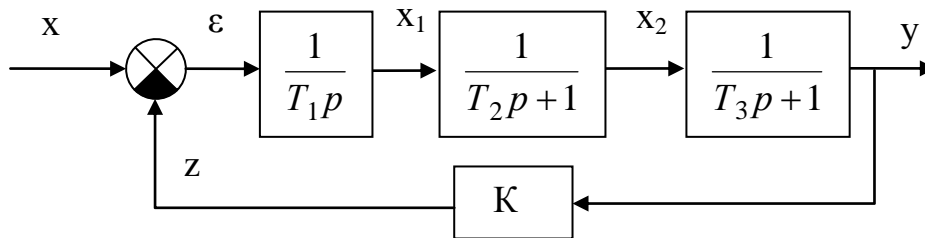
Выполнить исследование влияния  $K_{кр}$  на устойчивость АС 3-порядка.

Исследовать поведение системы, при  $K > K_{кр}$ ;  $K < K_{кр}$ .

Определить запас устойчивости по амплитуде и фазе.

#### Выполнение работы.

##### 3.1. Изобразить функциональную схему АС:



##### 3.2. Записать уравнение динамики 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. Определить $K_{кр}$

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

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

АС на границе устойчивости, если:

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

Тогда:

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

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

Условие устойчивости системы 3-порядка:  $K > 0$

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

Тогда: 
$$K < \frac{T_1 (T_2 + T_3) \cdot T_1}{T_1 T_2 T_3},$$

или: 
$$K < \frac{T_1 (T_2 + T_3)}{T_2 T_3}.$$

### 3.5. Составить план эксперимента: Таб.1.

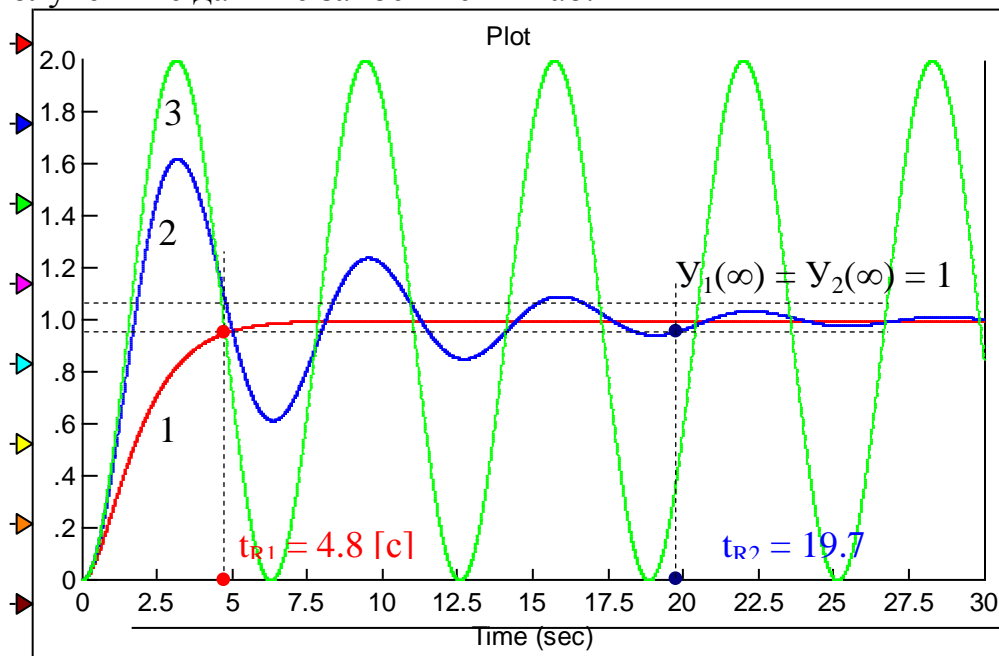
№ графика	1	2	3
$T$	N по списку	1	1
$K$	$K_{кр}$	$K > K_{кр}$	$K < K_{кр}$
$t_R$			
$y(\infty)$			

### 3.6. Изобразить ПХ.

На графиках ПХ выполнить следующие действия:

- подписать полученные графики ПХ;
- определить  $t_R$  из условия входа ПХ в 5% зону от  $y(\infty)$ ;

Полученные данные заноситься в Таб.1



### 3.7. На основании полученных данных, сделать и записать выводы по ЛР.

#### Выводы:

1. В задании 2 исследовалось влияния декремента затухания  $d$  на устойчивость позиционного звена 2-порядка.

2. Из графиков 1, 2, 3 видно, что изменение декремента затухания  $d$  влияет на устойчивость позиционного звена 2-порядка:

- звенья 1 и 2 – устойчивые;
- звено 3 ( $d=0$ ) – не устойчивое;

3. Рост декремента затухания  $d$ , приводит к повышению устойчивости АС.

**Питання письмового опитування****ВАРІАНТ №1**

••• •• •

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.

**ВАРІАНТ №2**

••• •• •

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.

**ВАРІАНТ №3**

••• •• •

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.

**ВАРІАНТ №4**

••• •• •

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.

**ВАРІАНТ №5**

••• •• •

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.

**ВАРІАНТ №6**

••• •• •

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.

**ВАРІАНТ №7**

••• •• •

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.

**ВАРІАНТ №8**

••• •• •

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.

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Начальник кафедри АСБІТ

полковник служби цивільного захисту

О.А. Дерев'янку

Лабораторна робота № 4

з дисципліни "Системи автоматичного контролю та спостереження"

**Розділ 1** Теоретичні основи будови систем автоматичного контролю та спостереження

**Тема 4** Аналіз якості процесу управління. Синтез систем автоматичного контролю та спостереження

**Тема лабораторної роботи**

**СИНТЕЗ АС. ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ**

**Мета роботи:**

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

Час проведення заняття: 160 хвилин.

Методичну розробку склав:

Доцент кафедри АСБтаІТ

полковник служби цивільного захисту

В.О. Дурєєв

ХАРКІВ

План проведення заняття.

1.	Оголошення теми та мети заняття	2 хвил.
2.	Інструктаж по техніці безпеки	3 хвил.
3.	Письмове опитування по матеріалам попередніх занять	5 хвил.
4.	Розрахунки регуляторів і дослідження перехідних характеристик САР	8 хвил.
5.	Виконання індивідуальних завдань	60 хвил.
6.	Видача завдання на самопідготовку	2 хвил.

**Ціль роботи:**

1. Формування навичок визначення динамічних параметрів автоматичних систем.
2. Закріплення навичок чисельного дослідження динамічних систем.
3. Закріплення навичок обробки графічних результатів дослідження.

**Завдання: 1**

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

$$T_{\partial} = \mathcal{L}^{\circ} \text{ за списком в класному журналі; } K_m = 1; K_f = 1.$$

**План виконання роботи:**

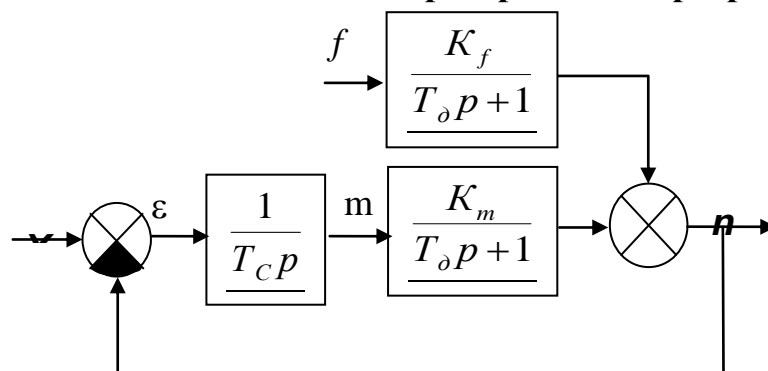
1. Записати рівняння динаміки САР.
2. Скласти функціональну схему САР.
3. Виконати розрахунок САР методом стандартних коефіцієнтів.
4. Виконати дослідження перехідних процесів САР при дії східчастого сигналу перенастроювання і зовнішнього збурювання на ЕОМ. Обробити і проаналізувати отримані графічні 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  $W_{n/n_{\text{зад}}}(p)$ .

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



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

$$W_{n/n_{зад}}(p) = \frac{1}{\frac{T_P T_D}{K_m} p^2 + \frac{T_P}{K_m} p + 1} = \frac{1}{T_{cap}^2 p^2 + 2dT_{cap} p + 1}$$

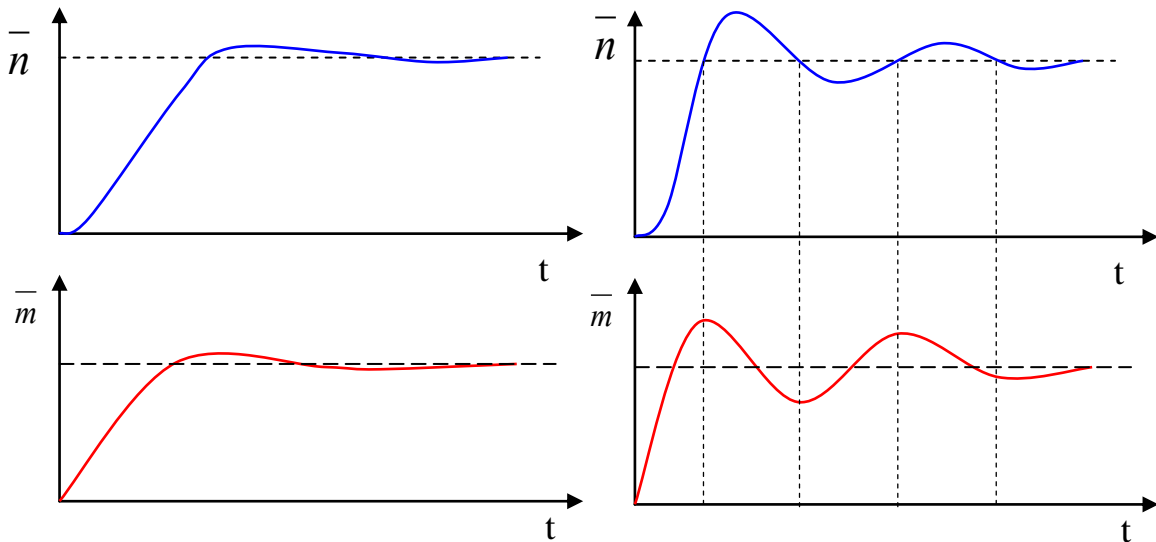
Мінімальний час перехідного процесу  $t$  відповідає декременту загасання  $d=0,7$ , при цьому перехідний процес виходить плавним з перерегулюванням не більш 5%.

$$t_{R \min} = 3T_{cap}; \quad T_{cap}^2 = \frac{T_P T_D}{K_m}; \quad 2dT_{cap} = \frac{T_P}{K_m} \quad \text{Вирішивши}$$

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

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

#### 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.

**Завдання: 2**

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

$T_\delta = 0,2$  за списком в класному журналі;  $K_m = 1$ ;  $K_f = 1$ ;

час регулювання  $t_{Rзад} = \frac{T_\delta}{2}$ .

**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:

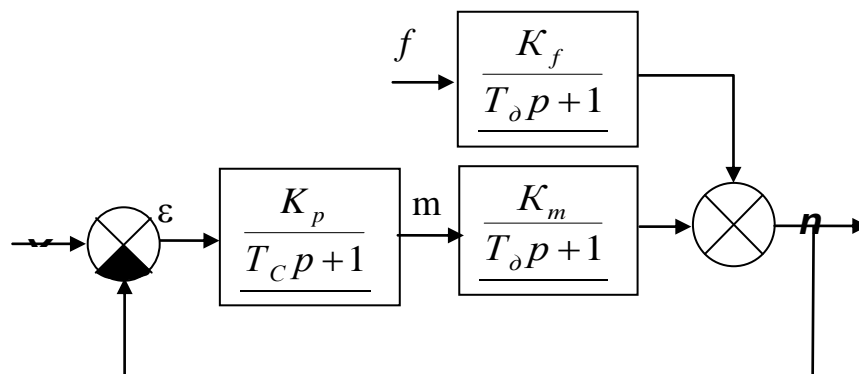
$$T_\delta \dot{\bar{n}} + \bar{n} = K_m \bar{m} + K_f \bar{f}$$

- 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:

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

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%.

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

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

Розділимо рівняння 1 на рівняння 2, одержимо:

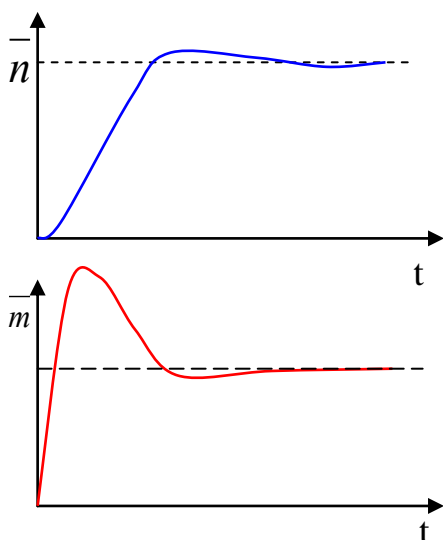
$$\frac{T_{cap}}{2d} = \frac{T_p T_d}{T_p + T_d} \Rightarrow t_{R \min} = 4,2 \frac{T_p T_d}{T_p + T_d}$$

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

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

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

#### 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

створити як можна більше регулююче вплив на

початковому етапі регулювання.