

# **АВТОМАТИКА РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

## **Практичне заняття 1**

**Лінеаризація диференціальних рівнянь. Форми запису диференціальних рівнянь автоматичних систем. Функціональна схема і її перетворення. Визначення перехідних характеристик елементів АС.**

**Ціль заняття:** Закріплення знань, отриманих на лекціях і самостійній роботі. Прищеплювання навичок по визначенню перехідних функцій і характеристик динамічних ланок і їх з'єднань.

**План проведення практичного заняття**

Навчальні питання:

Вступ.....	5хв
Основна частина:.....	70хв
Рішення задач у дошки:.....	55хв
Самостійне рішення задач:.....	15хв
Заключна частина.....	5хв

НАВЧАЛЬНА ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.О. Основи пожежної автоматики. С. 07-12.
2. Автоматика для запобігання вибухам і пожежам. Посібник./ Дерев'янка О.А. та інш. – Харків: АЦЗУ, 2006.–279с.

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 $K$ и $T$ реальної позиційної ланки на її перехідні характеристики $y(\infty)$ і $t_R$	20
9.2	Дослідити вплив динамічних параметрів $K$ и $T$ 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, усунути 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:

$$\frac{\Delta G_A}{G_{A0}} = \frac{\Delta P^*}{P^*_0} - 0,5 \frac{\Delta T^*}{T^*_0} + \frac{\Delta q}{q_0} .$$

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:

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

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:**

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

**Рішення:**

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

**Завдання 4.2 Привести ДР до стандартного виду:**

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

**Рішення:**

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

### 5. Визначення передаточної функції

Завдання 5.1. Визначити передаточну функцію:

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

Рішення:

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

Завдання 5.2 Визначити передаточну функцію:

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

Рішення:

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

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

Завдання 5.3 Записати ДР по відомій передаточній функції:

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

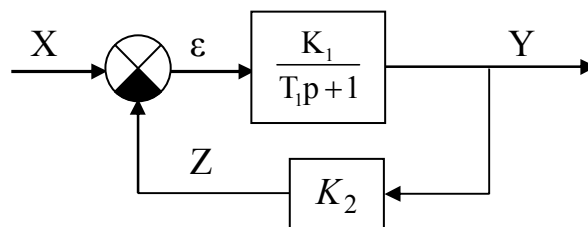
Рішення:

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

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

### 6. Визначення еквівалентної передаточної функції АС

Завдання 6.1 Визначити еквівалентну передаточну функцію АС:

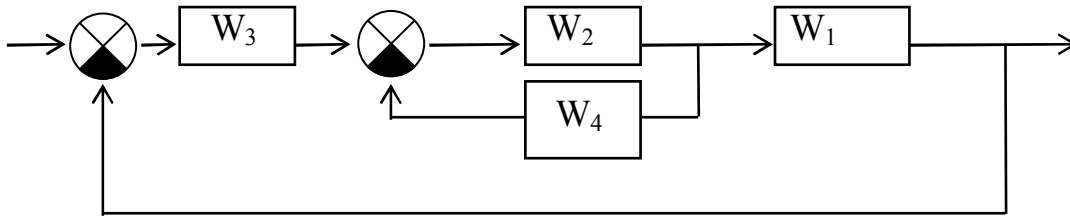


Рішення:

$$W(p) = \frac{Y}{X} = \frac{\frac{K_1}{T_1p+1}}{1 + \frac{K_1}{T_1p+1}K_2} = \frac{K_1}{(T_1p+1) + K_1K_2} = \frac{K}{TP+1},$$

$$\text{де } K = \frac{K_1}{1 + K_1 K_2} ; \quad T = \frac{T_1}{1 + K_1 K_2} .$$

### Завдання 6.2 Визначити еквівалентну передаточну функцію АС:

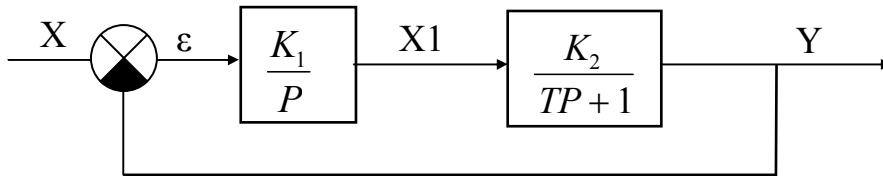


Рішення:

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

$$W_{\text{е\acute{a}}} = \frac{W_3 \cdot \frac{W_2}{1 + W_2 \cdot W_4} \cdot W_1}{1 + \frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{1 + W_2 \cdot W_4}} = \frac{W_1 W_2 W_3}{W_1 W_2 W_3 + W_2 W_4 + 1}$$

### Завдання 6.3 Визначити еквівалентну передаточну функцію АС:



Рішення:

$$W_{\text{е\acute{a}}} = \frac{\frac{K_1}{P} \cdot \frac{K_2}{TP+1}}{1 + \frac{K_1}{P} \cdot \frac{K_2}{TP+1}} = \frac{K_1 K_2}{P(TP+1) + K_1 K_2} ;$$

$$W_{\text{е\acute{a}}} = \frac{1}{T_1^2 P^2 + T_2 P + 1} ;$$

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

### Задача 2.1

Скласти функціональну схему АС, по вихідній системі диференціальних рівняння її елементів:

$$T_1 \dot{y} = \bar{z} ;$$

$$T_2 \dot{\bar{z}} + \bar{z} = \bar{x} .$$

**Рішення:** запишемо рівняння в операторній формі:

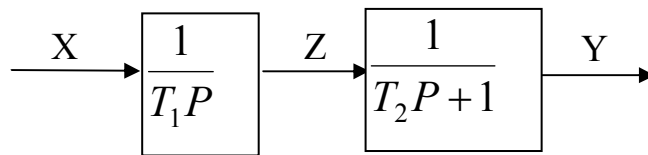
$$T_1 P Y = Z ;$$

$$T_2 P Z + Z = X .$$

Отже:  $Y = \frac{1}{T_1 \cdot P} \cdot Z ; \quad Z = \frac{1}{T_2 P + 1} X . \quad Y = \frac{1}{T_1 P} \cdot \frac{1}{T_2 P + 1} \cdot X .$

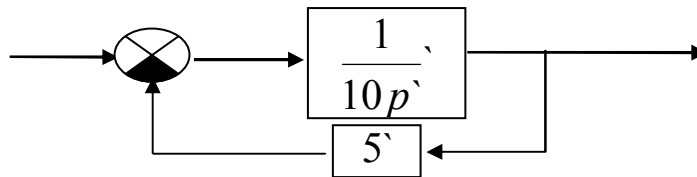
Далі:  $Y = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot X$ , де:  $W_1(p) = \frac{1}{T_1 P} ; \quad W_2(p) = \frac{1}{T_2 P + 1} .$

Складемо функціональну схему АС:



### Задача 2.2

Визначити перехідну функцію і зобразити перехідну характеристику АС з наступною функціональною схемою:



**Рішення:**

Визначимо еквівалентну передатну функцію АС:

$$W(p) = \frac{1}{10p} \cdot \frac{1}{1 + 5 \cdot \frac{1}{10p}} = \frac{1}{10p + 5} .$$

Запишемо рівняння динаміки АС в операторній формі:

$$10pY + 5Y = X$$

Визначимо динамічні параметри АС:

$$2pY + Y = 0,2 \cdot X , \text{ отже } T=2\text{с}, K=0,2$$

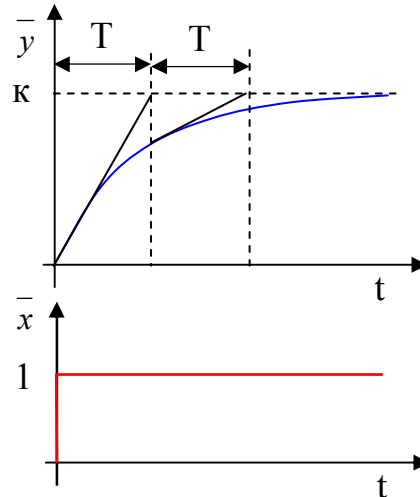
Запишемо рівняння динаміки АС у стандартному виді:

$$2\dot{\bar{y}} + \bar{y} = 0,2\bar{x} .$$

Одержали рівняння реальної позиційної ланки. Перехідна функція має вид:

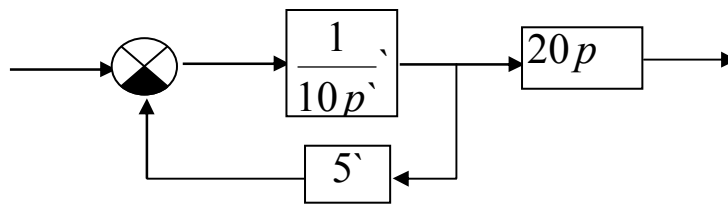
$$\bar{y}(t) = K \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}}) = 0,2 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{2}}) .$$

Перехідна характеристика:



### Задача 2.3

Визначити перехідну характеристику і зобразити перехідну функцію АС з функціональною схемою:



### Рішення:

Визначимо еквівалентну передатну функцію АС:

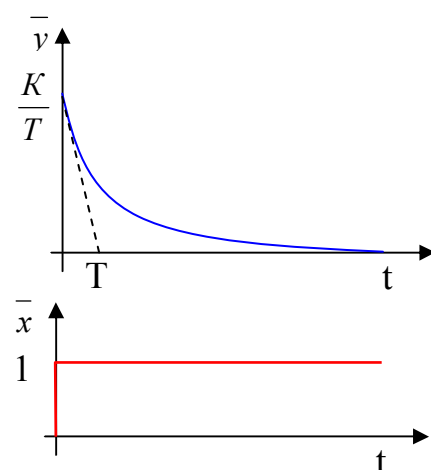
$$W(p) = \frac{1}{10p} \cdot 20p = \frac{20p}{10p+5} = \frac{4p}{2p+1}$$

Передатна функція відповідає реальному (інерційному) ланці, що диференціює.

Динамічні параметри ланки:

$$K=4; \quad T=2c.$$

Перехідна характеристика:





### Задача 2.4

Визначити перехідну функцію і зобразити перехідну характеристику АС з рівнянням динаміки:

$$12\ddot{y} + 10\dot{y} + 2\bar{y} = 6\bar{x}$$

Запишемо рівняння в стандартному виді:

$$6\ddot{y} + 5\dot{y} + \bar{y} = 3\bar{x}$$

Динамічні параметри системи:

$$K=3; \quad T = \sqrt{6}c; \quad d = \frac{5}{2T} = \frac{5}{2\sqrt{6}} > 1.$$

Декремент загасання більше одиниці, отже перехідний процес аперіодичний.

Визначимо корені характеристичного рівняння:

$$p_{1,2} = \frac{-5 \pm \sqrt{25 - 4 \cdot 6 \cdot 1}}{2 \cdot 6} = \frac{-5 \pm 1}{12}.$$

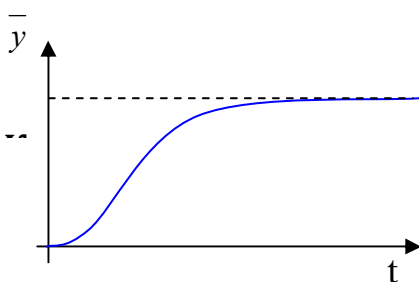
$$p_1 = -\frac{1}{3}; \quad p_2 = -\frac{1}{2}.$$

Позначимо:  $T_1 = -\frac{1}{p_1} = 3$ ;  $T_2 = -\frac{1}{p_2} = 2$ .

Перехідна функція і характеристика мають вид:

$$\bar{y}(t) = K \left( 1 - \frac{T_1}{T_1 - T_2} e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{T_2}{T_2 - T_1} e^{-\frac{t}{T_2}} \right).$$

Перехідна характеристика складається з двох експонент і відповідно до характеру перехідного процесу називається аперіодичною.



Особливості графіка:

1. При  $t=0 \rightarrow \dot{\bar{y}} = 0$ .
2. Є точка перегибу.

## 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 кур санти працювали самостійно, користуватися можна тільки довідковими таблицями [1, стор. 34].

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

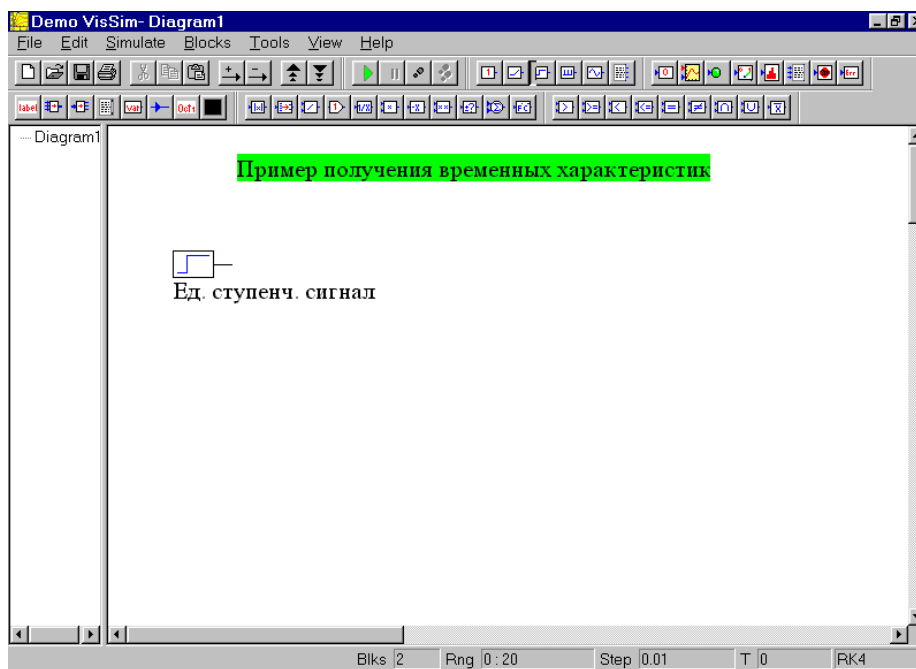
## **8. Побудова часових характеристик елементів пожежної автоматики в системі VisSim**

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.

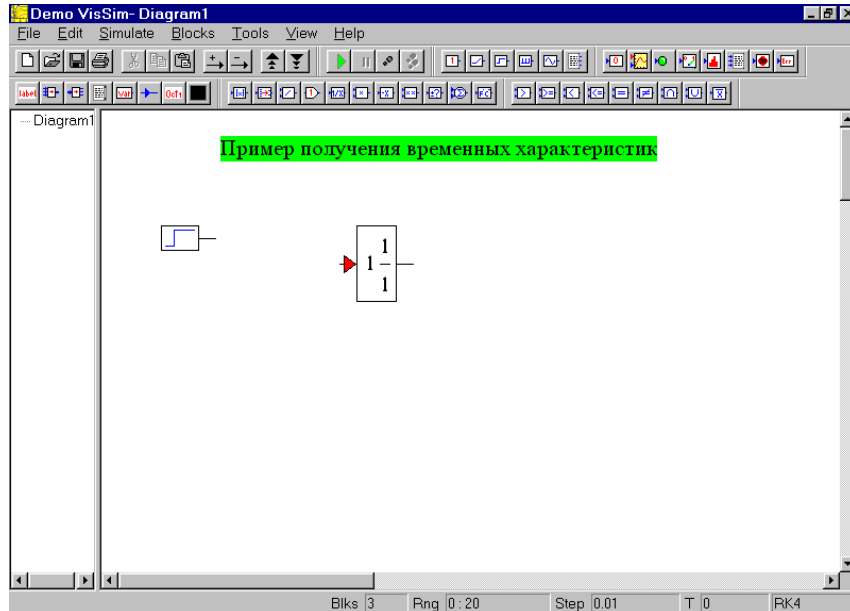
Другий викладач закінчує перевіряти роботи.

### **Алгоритм роботи по отриманню часових характеристик**

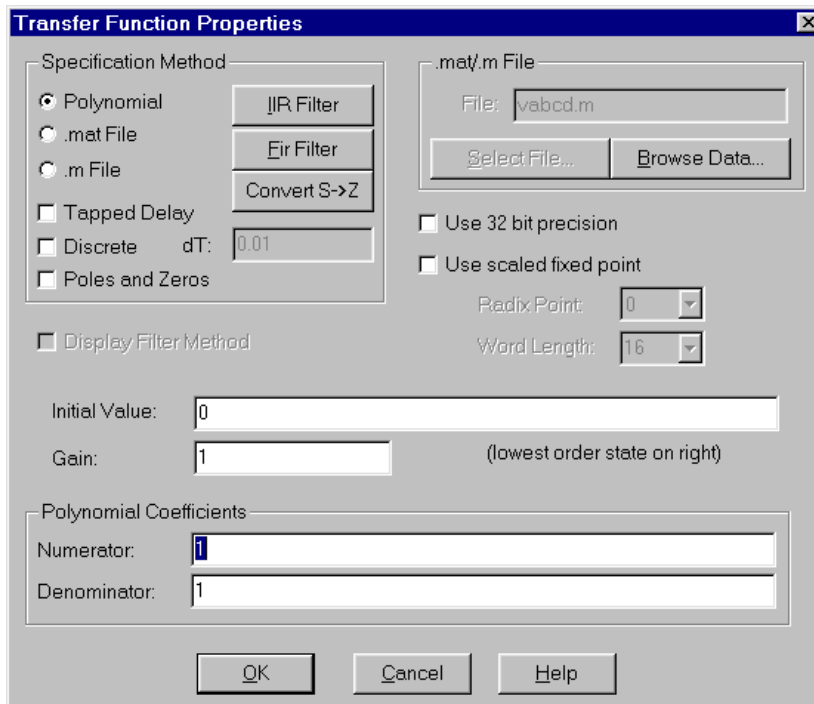
#### **8.1 На робочому полі встановити піктограму одиничного ступінчастого сигналу**



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

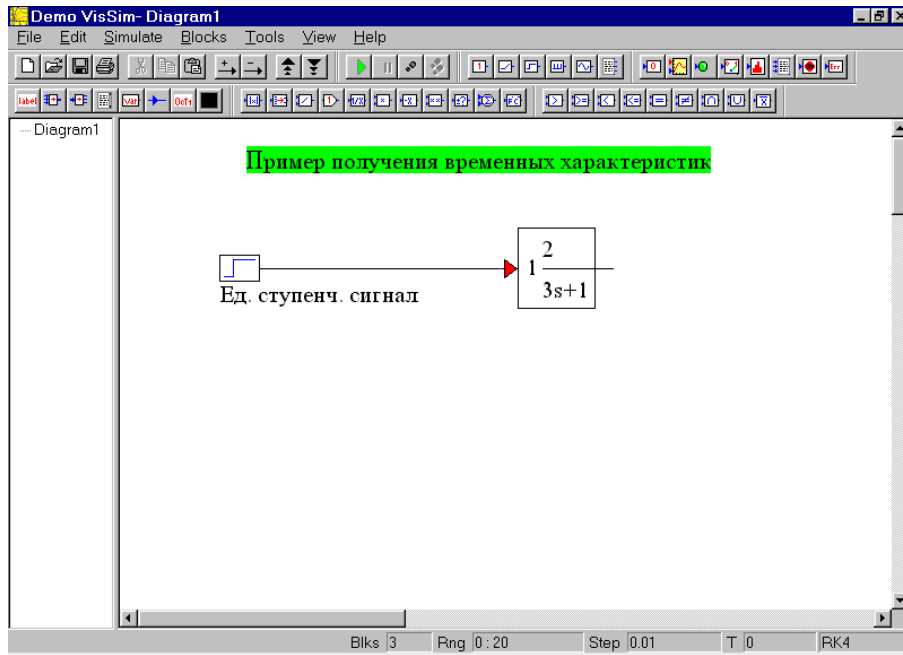


**8.3 Вказати значення полінома чисельника та знаменника. Для цього підводимо курсор до піктограми і натискаємо праву клавішу миші**

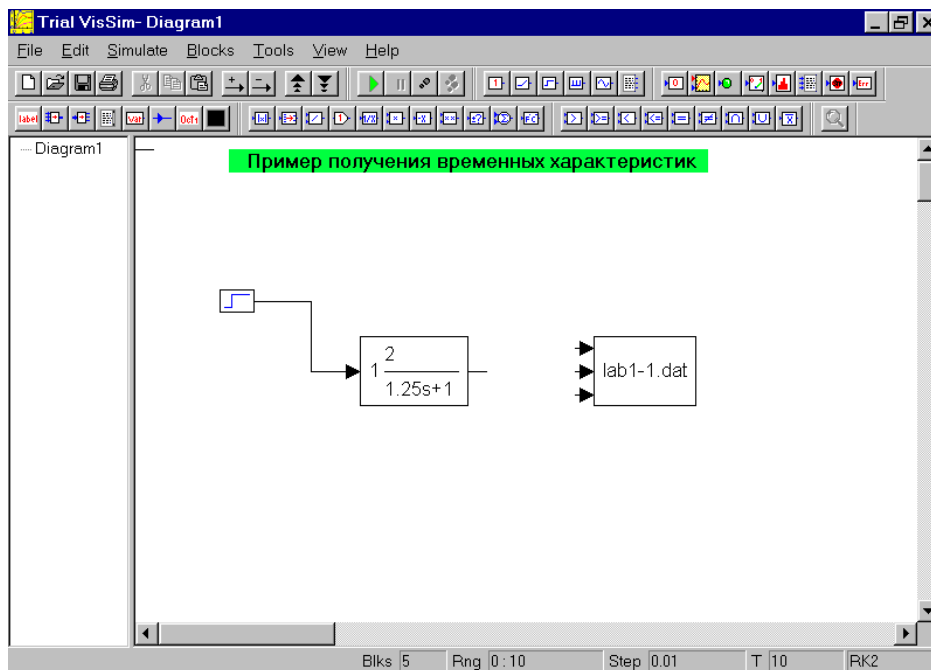


У вікні **Polynomial Coefficient** задаємо значення коефіцієнтів чисельника та знаменника передаточної функції відповідно до індивідуального завдання

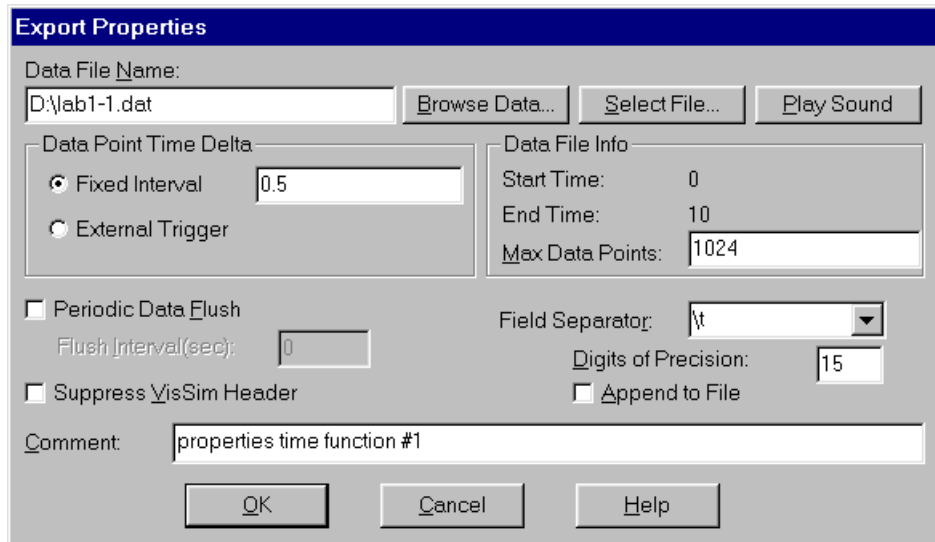
**8.4 Поєднати вихід генератора одиничного сигналу з входом передаточної функції**



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

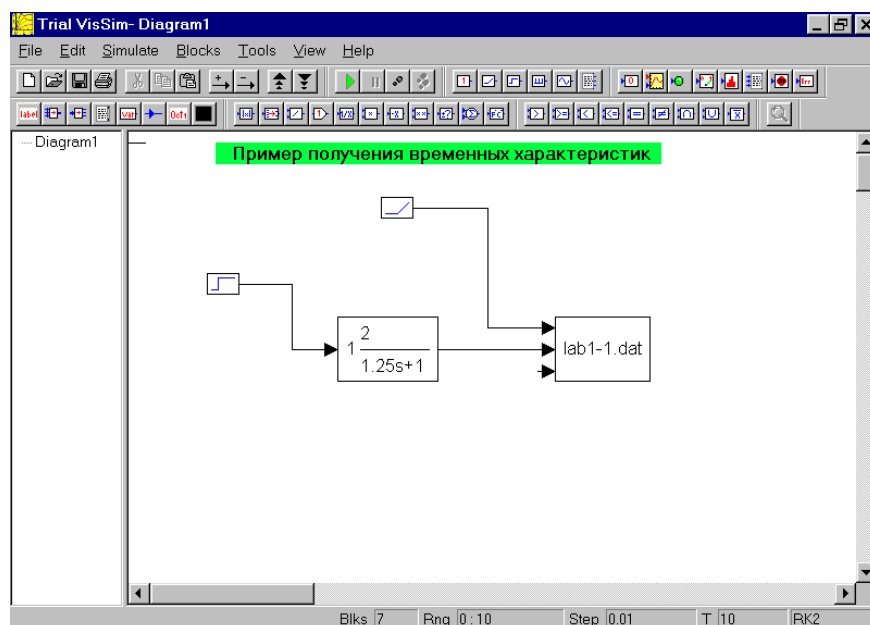


Задати властивості цього блоку, для цього навести курсор на піктограму **export** і натиснути праву клавішу миші



натиснути кнопку **Select File...** та вказати місце на жорсткому диску де буде розташований файл результатів розрахунку **lab-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**

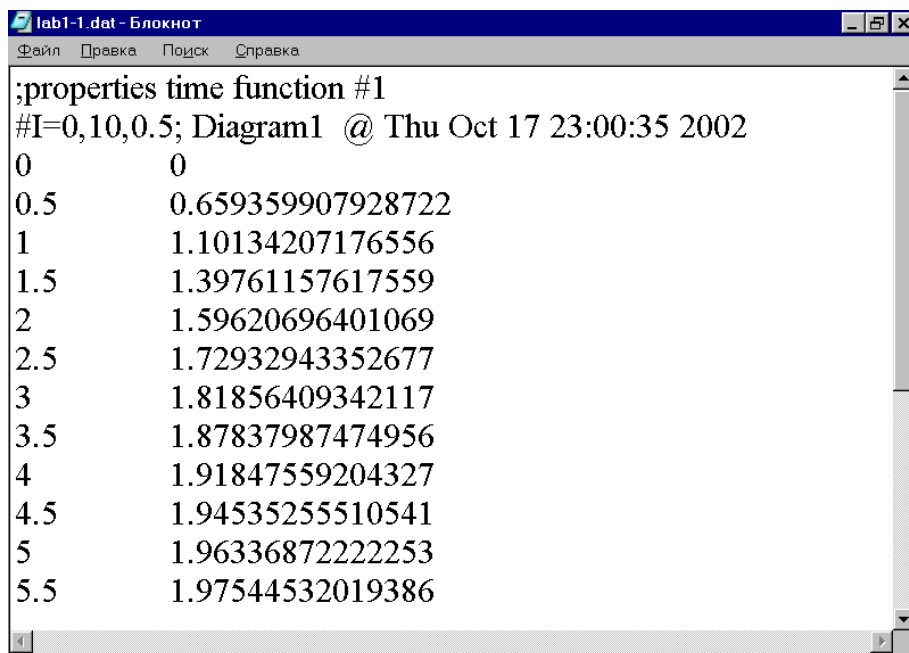
## 8.6 Над піктограмою передаточної функції встановити піктограму вхідного сигналу що змінюється лінійно



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**



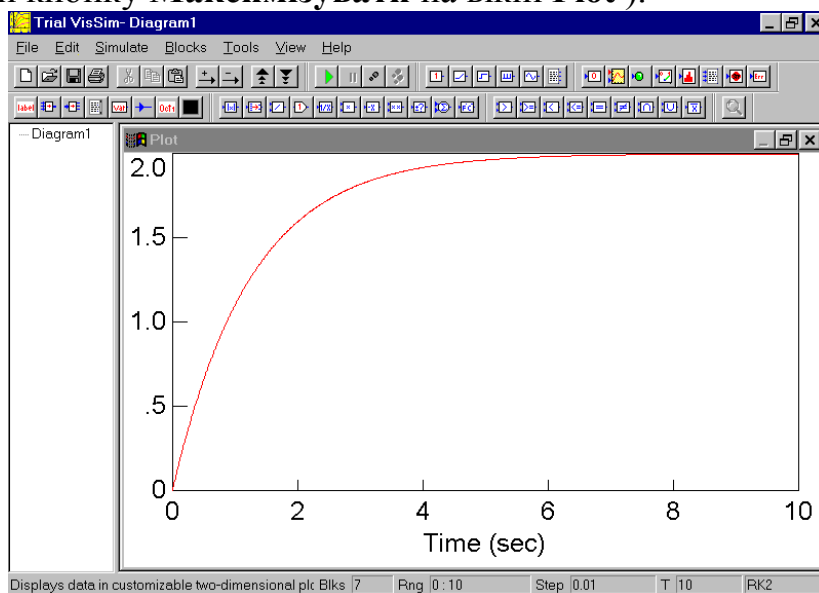
```

lab1-1.dat - Блокнот
Файл  Правка  Поиск  Справка

;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 сотої. 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:

1. Получение навыков численного исследования динамических систем.
2. 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:

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

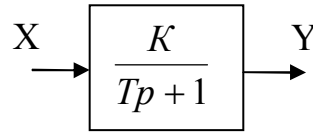
##### 1.2. Записать передаточную функцию АС:

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

##### 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
$K$	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>

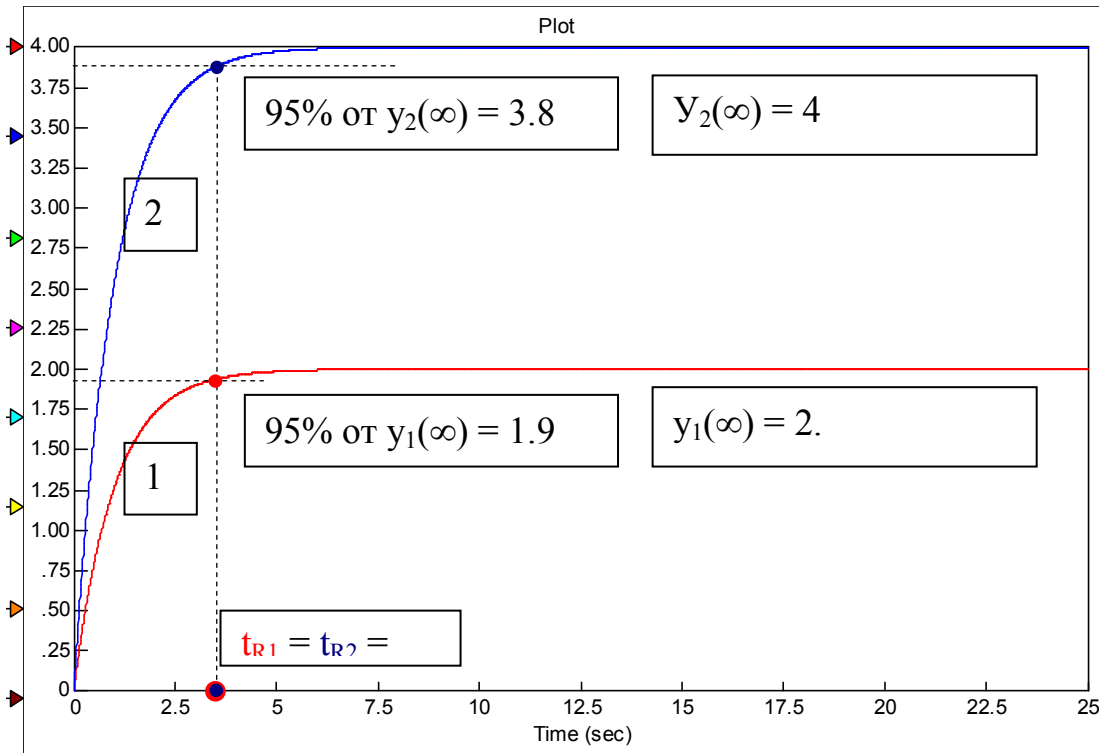
(Вместо  $K$ ,  $T$  номер по списку / рабочего места?)

#### 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:**

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

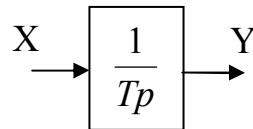
2.2. Записать передаточную функцию АС:

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

2.3. Записать переходную функцию:

$$\bar{y}(t) = \frac{1}{T}t$$

2.4. Составить функциональную схему АС:



2.5. Составить план эксперимента: Таб.1.

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

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

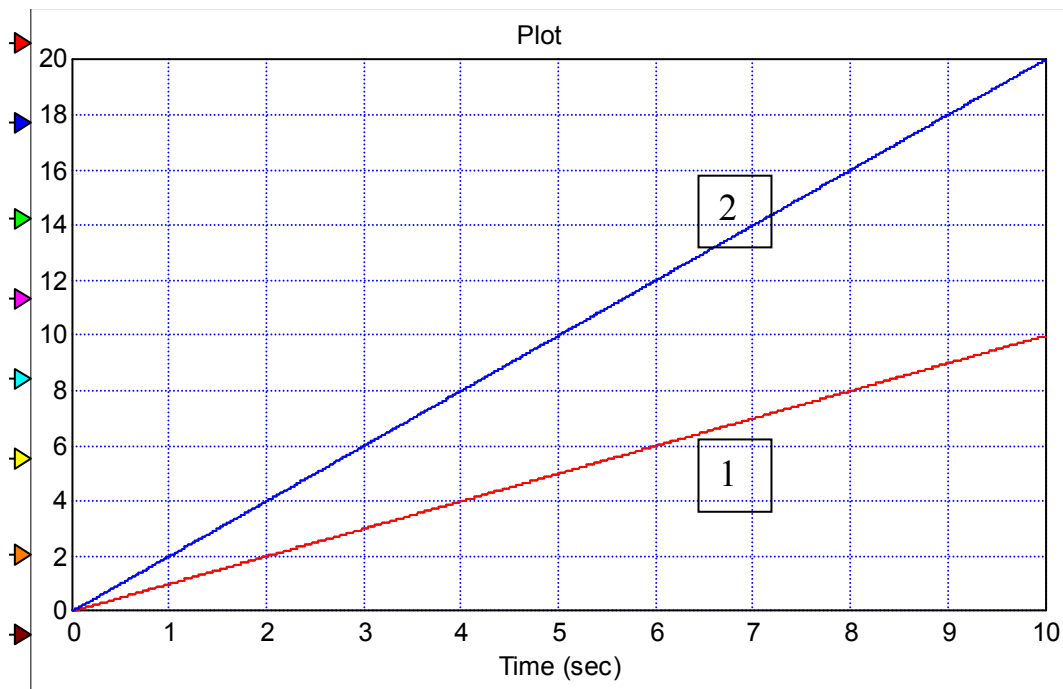
2.6. Изобразить ПХ.

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:

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

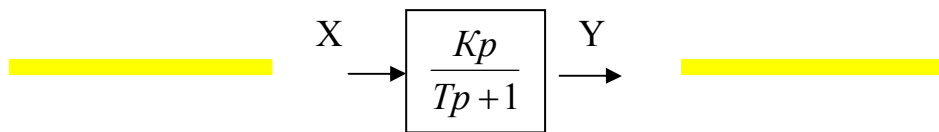
## 3.2. Записать передаточную функцию АС:

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

## 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.

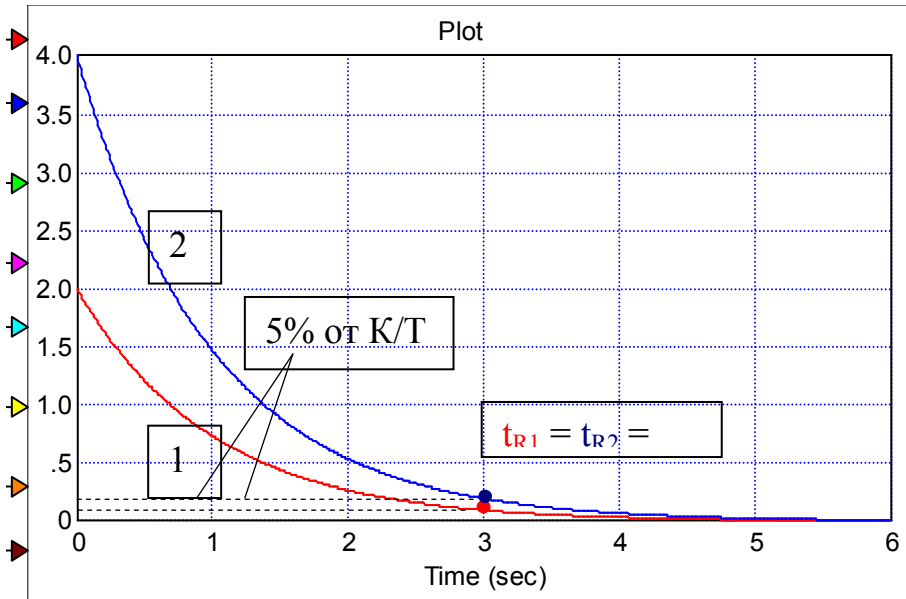
№ графіка	1	2
$K$	4	4
$T$	1	2
$x(t)$	1	1
<b>Определить по графикам</b>		
$t_R$	<b>3</b>	<b>6</b>
$y(\infty)$	<b>4</b>	<b>2</b>

(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 заносятся 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.**

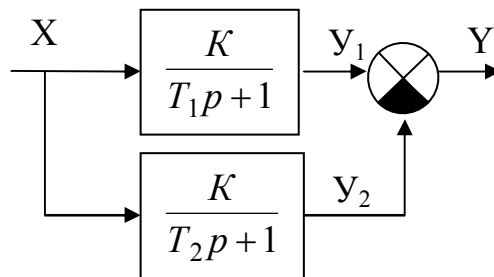
### 3.1. Записать уравнение динамики АС:

$$\begin{aligned} T_1 \dot{\bar{y}}_1 + \bar{y}_1 &= K\bar{x} \\ T_2 \dot{\bar{y}}_2 + \bar{y}_2 &= K\bar{x} \end{aligned} \quad Y = y_1 - y_2$$

### 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 $W_{\text{экв}}$ .

$$\begin{aligned} W_{\Sigma}(p) &= \frac{Y}{X} = W_1(p) - W_2(p) = \frac{K}{T_1 p + 1} - \frac{K}{T_2 p + 1}; \\ W_{\Sigma}(p) &= \frac{K(T_2 p + 1) - K(T_1 p + 1)}{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1)} = \frac{KT_2 p - KT_1 p + K - K}{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1)}. \end{aligned}$$

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

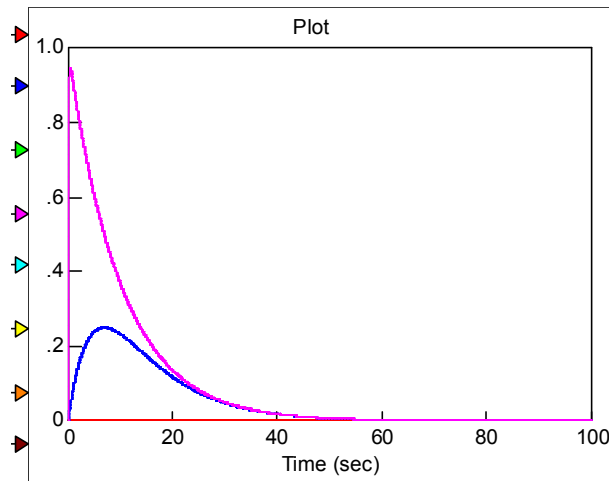
Определение по графикам			
$K_{сум}$			
$t_R$			

### 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 заноситься в Таб.1

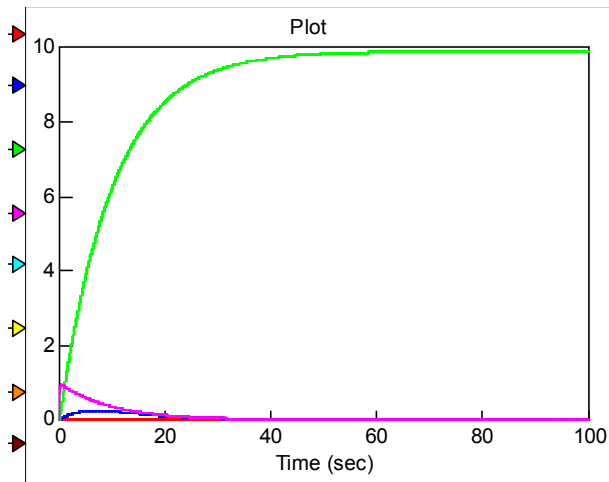


1. Анализ графиков 1,2,3 показывает, что с уменьшением инерционности  $T_1$ , ПХ АС становится схожим с ПХ реального дифференцирующего звена.

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.



### 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.**

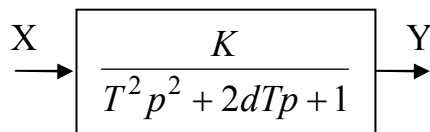
**2.1. Записать уравнение динамики АС:**

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

**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.**

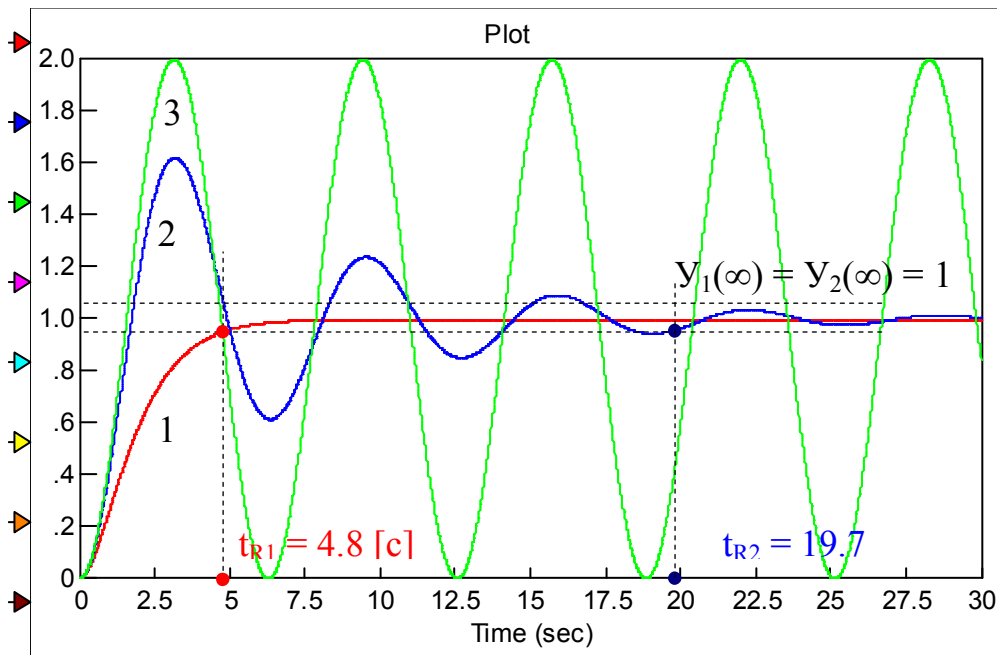
№ графіка	1	2	3
$K$	1	1	1
$T$	1	1	1
$d$	1	0.3	0
$t_R$			
$y(\infty)$			

**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.

## **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. Стор. 17-45.0
2. Методические указания к практическим и индивидуальным занятиям по дисциплине "Пожарная автоматика" /составители Ю.А. Абрамов, Харьков: ХГТУСА, 1994 г. Стор. 22-30

**АВТОМАТИКА РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ  
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

**Практичне заняття  
ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ**

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:**

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

**План виконання роботи:**

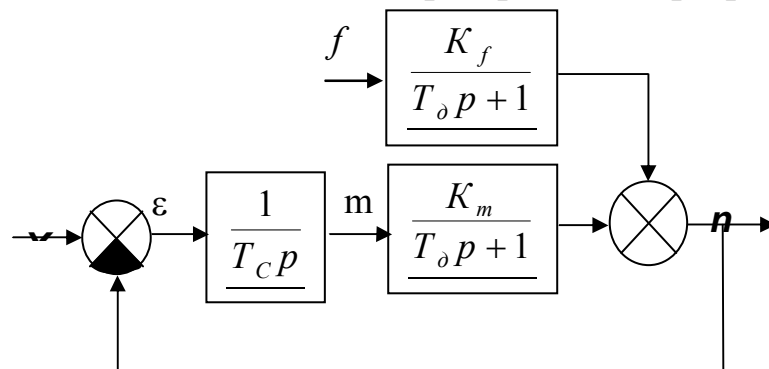
1. Записати рівняння динаміки САР.
2. Скласти функціональну схему САР.
3. Виконати розрахунок САР методом стандартних коефіцієнтів.
4. Виконати дослідження перехідних процесів САР при дії східчастого сигналу перенастроювання і зовнішнього збурювання на ЕОМ. Обробити і проаналізувати отримані графічні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

**Виконання роботи****1. Рівняння динаміки:**

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

- 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:

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

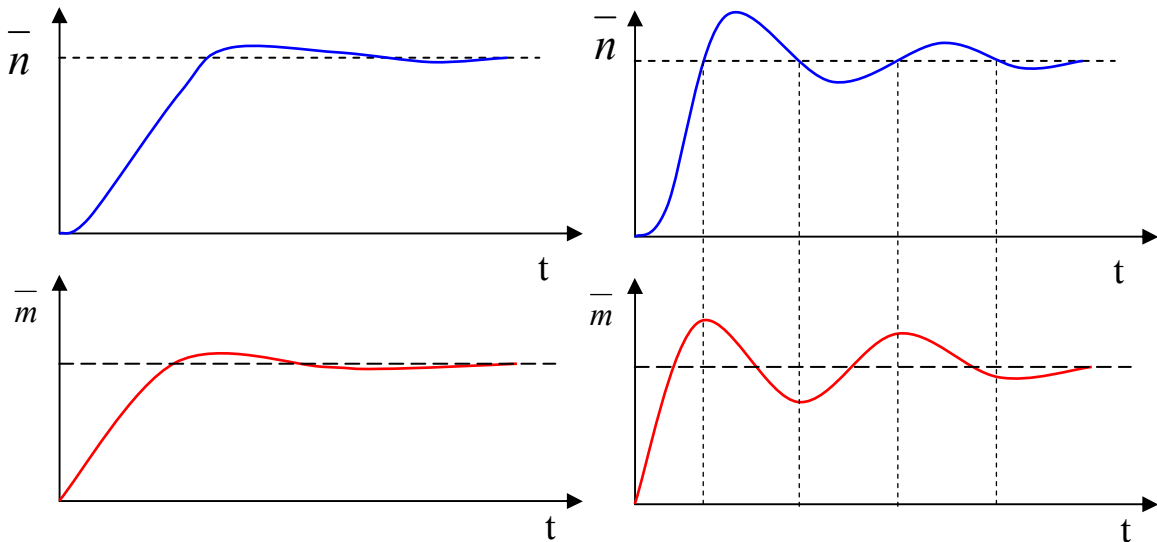
Мінімальний час перехідного процесу  $t$  відповідає декременту загасання  $d=0,7$ , при цьому перехідний процес виходить плавним з перерегулюванням не більш 5%.

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

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.

**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  $t_{R\text{зад}} = \frac{T_\delta}{2}$ .

**План виконання роботи:**

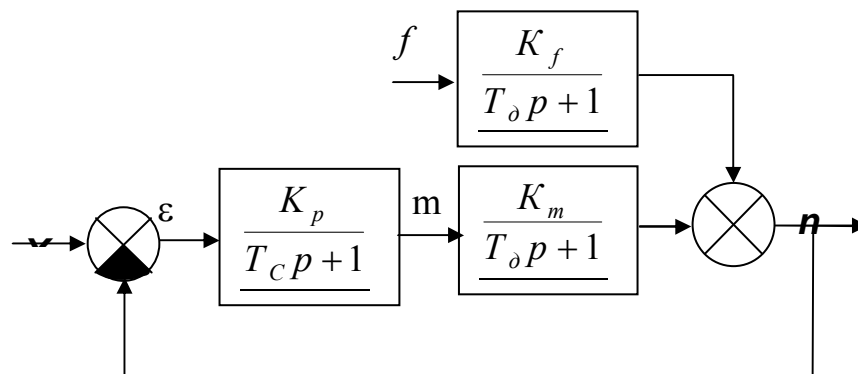
1. Записати рівняння динаміки САР.
2. Скласти функціональну схему САР.
3. Виконати розрахунок САР методом стандартних коефіцієнтів.
4. Виконати дослідження перехідних процесів САР при дії східчастого сигналу перенастроювання і зовнішнього збурювання на ЕОМ. Обробити і проаналізувати отримані графічні 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:  $\bar{\varepsilon} = \bar{n}_{\text{зад}} - \bar{n}$

**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:

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

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%.

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

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

Розділимо рівняння 1 на рівняння 2, одержимо:

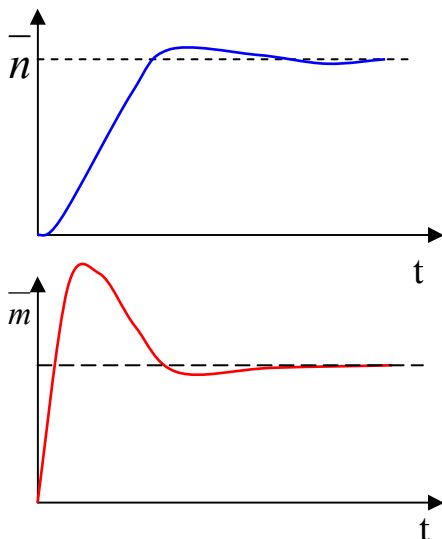
$$\frac{T_{cap}}{2d} = \frac{T_p T_d}{T_p + T_d} \Rightarrow t_{R \min} = 4,2 \frac{T_p T_d}{T_p + T_d}$$

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

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

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

#### 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.



**АВТОМАТИКА РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ  
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

**Практичне заняття  
СИНТЕЗ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ**

**Ціль заняття:** Закріплення знань, отриманих на лекціях і самостійній роботі. Прищеплювання навичок по визначенню перехідних функцій і характеристик динамічних ланок і їх з'єднань.

## НАВЧАЛЬНА ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.О. Основи пожежної автоматики. С. 07-12.
2. Автоматика для запобігання вибухам і пожежам. Посібник./ Дерев'янка О.А. та інш. – Харків: АЦЗУ, 2006.–279с.

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

### 1. Вступ:

- перевірка наявності і зовнішнього вигляду тих, які навчаються;
- оголошення теми і мети заняття;
- коротко узагальнити теоретичні положення, необхідні в роботі.

### 3. Основна частина:

1. При підготовці до заняття № 2 курсанти повинні проробити лекційний матеріал по темі № 2 і літературу [1] 2.1 ; 2.2 ; 3.1.
2. Опитування по лекційному матеріалі проводиться усно.
3. При роботі в дошки необхідно змінювати курсантів у ході рішення задач для охоплення більшої кількості курсантів і активізації роботи.
4. При рішенні задач припустиме використання конспектів.
5. Під час заняття рекомендується перевірити в курсантів конспекти лекцій.

### 4. Висновок:

- підведення підсумків і досягнення мети заняття;
- оцінка роботи курсантів;
- видача завдання на самостійну підготовку;
- вирішити задачі [2]: 1.6, 1.8, 2.3, 4.15, 5.15, 7.19.

### Завдання: 1

Розрахувати параметри регулятора (І-регулятор), що забезпечує статизм САР  $\bar{\varepsilon} \leq 0,02$  № з/с при дії зовнішнього впливу, що збурює, виду  $\dot{f} = 0,01$ , і час регулювання  $t_R = 3$  № з/с. Динамічні параметри двигуна:

$T_o =$  № записком в класному журналі; ;  $K_m = 2$  ;  $K_f = 2$  .

### План виконання роботи:

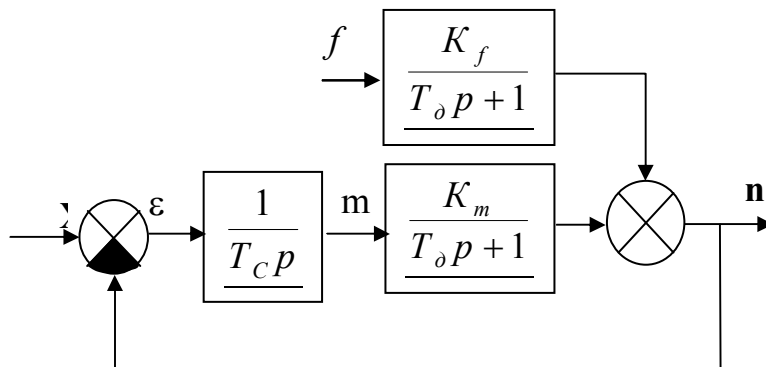
1. Записати рівняння динаміки САР.
2. Скласти функціональну схему САР.
3. Виконати розрахунок САР методом стандартних коефіцієнтів.
4. Виконати дослідження перехідних процесів САР при дії східчастого сигналу перенастроювання і зовнішнього збурювання на ЕОМ. Обробити і проаналізувати отримані графічні 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:  $T_D \dot{\bar{m}} = \bar{\varepsilon}$
- вимірювального пристрою:  $\bar{\varepsilon} = \bar{n}_{зд} - \bar{n}$

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



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

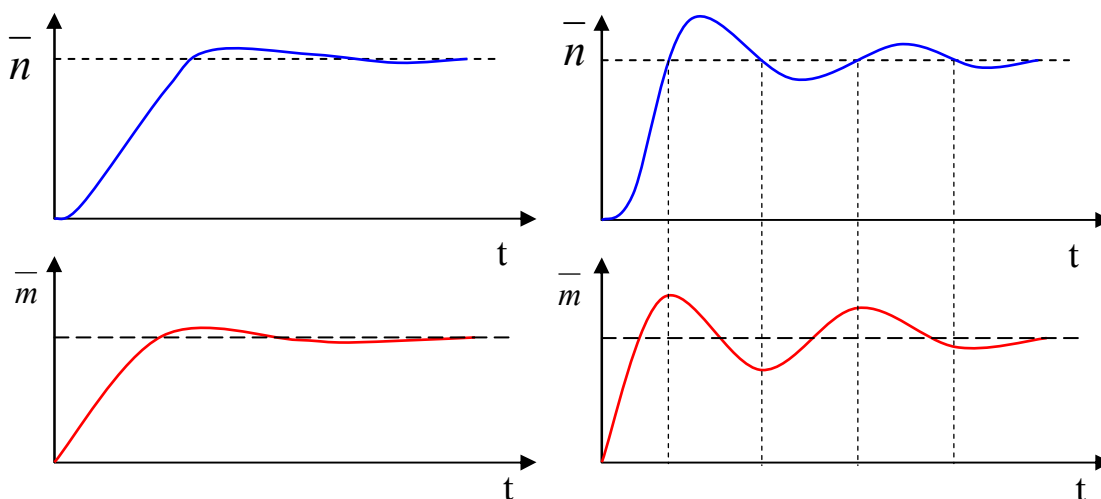
$$t_{R \min} = 3 T_{cap} \quad ; \quad T_{cap}^2 = \frac{T_p T_d}{K_m} \quad ; \quad 2 d T_{cap} = \frac{T_p}{K_m}$$

Вирішивши отриману систему рівнянь відносно  $t_{Rmin}$  і  $T_c$ , одержимо:

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

$$\bar{\varepsilon}_f(\infty) = -\frac{K_f T_p a}{K_m} \quad ; \quad T_p = \frac{\bar{\varepsilon}_f(\infty) \cdot K_m}{K_f \cdot a}$$

#### 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 параметри регулятора (П-регулятор), що забезпечує статизм САР

$\bar{\varepsilon} \leq 0,02 \text{ № з/с}$  при дії зовнішнього впливу, що збурює виду  $\bar{f} = 0,01$  і час

регулювання  $t_R = 3 \text{ № з/с}$ . Динамічні параметри двигуна:

$T_\delta = \text{№}$  записком в класному журналі; ;  $K_m = 2$  ;  $K_f = 2$  .

### План виконання роботи:

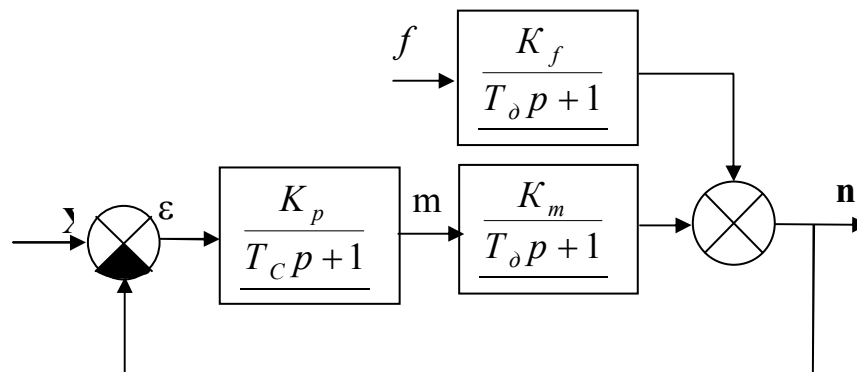
1. Записати рівняння динаміки САР.
2. Скласти функціональну схему САР.
3. Виконати розрахунок САР методом стандартних коефіцієнтів.
4. Виконати дослідження перехідних процесів САР при дії східчастого сигналу перенастроювання і зовнішнього збурювання на ЕОМ. Обробити і проаналізувати отримані графічні 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: 
$$\bar{\varepsilon} = \bar{n}_{\text{зад}} - \bar{n}$$

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



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

$$t_{R \min} = 3 T_{\text{cap}} ; \quad T_{\text{cap}}^2 = \frac{T_p T_d}{1 + K_p K_m} ; \quad 2 dT_{\text{nad}} = \frac{\dot{O}_D + \dot{O}_a}{1 + \hat{E}_\delta \hat{E}_m}$$

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

$$T_p = \frac{t_p T_d}{4,2 T_d - t_p}; T_p = \frac{T_{\text{CAP}} T_d}{2 d T_d - T_{\text{CAP}}}; K_p = \left( \frac{T_p T_d}{T_{\text{CAP}}^2} - 1 \right) / K_M;$$

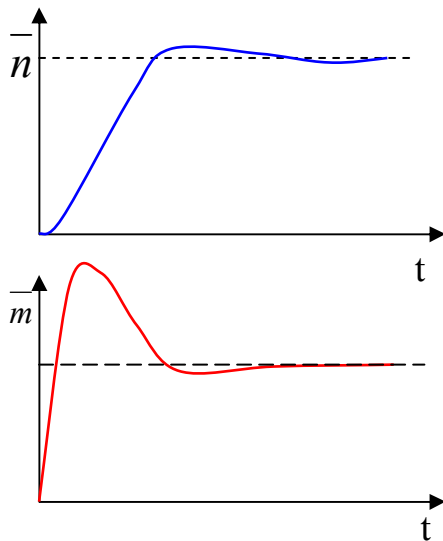
$$K_p = \left( \frac{T_p + T_d}{2 d T_{\text{CAP}}} - 1 \right) / K_M.$$

$$\bar{\varepsilon}_f(\infty) = \frac{-K_f \cdot a}{1 + K_p K_m}$$

$$K_p = \frac{\frac{K_f \cdot a}{\varepsilon_f(\infty)} - 1}{K_m};$$

$$T_p = (1 + K_p K_m) d T_{\text{cap}} - T_d$$

#### 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.

**ВИСНОВОК:** на лекції були розглянуті поняття синтезу АС с регуляторами, які працюють за П, І – законами управління. Показані переваги та недоліки цих автоматичних систем.

ЗАВДАННЯ НА САМОПІДГОТОВКУ1.

Ю.А. Абрамов “Основы пожарной автоматики”. Харьков: ХИПБ МВД Украины, 1993, с 230-280.

**АВТОМАТИКА РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ  
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

**Практичне заняття 7  
РОБОТА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ КОНТРОЛЮ  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ**

## 1. Електронний автоматичний урівноважений міст

Урівноважений міст призначений для безупинного виміру, запису та регулювання температури.

Він працює в комплекті з термометрами опорів стандартних градувань, тобто має відповідність заданої межі виміру – градування термометра опорів.

Мостова вимірювальна схема використовується більше 100 років.

Можливість виміру і фізична сутність роботи її вперше розглянуті в роботах французького дослідника Шарля Крісті (1833 р.) і приблизно в ці ж роки англійським дослідником Уїнстоном.

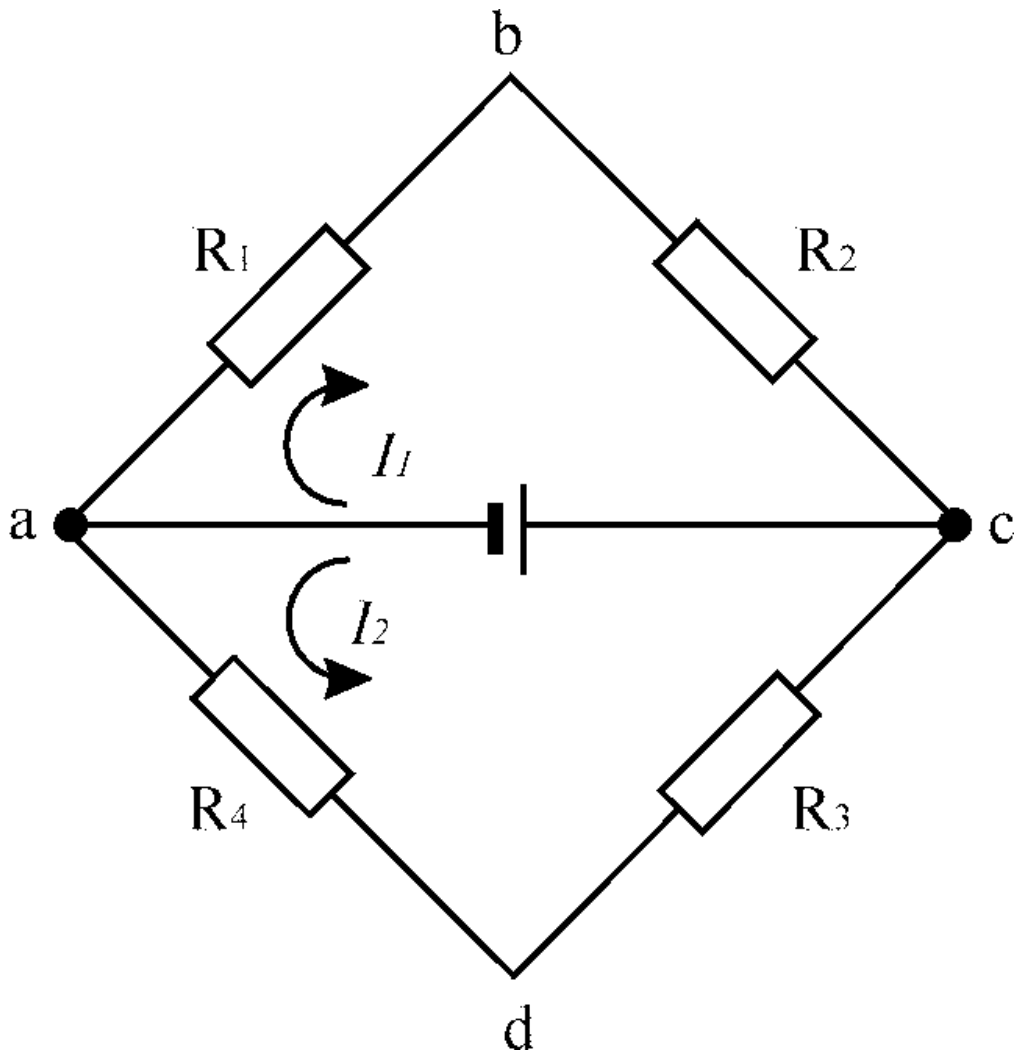


Рис. 1 – Схема рівноважного моста:

$R_1, R_2, R_3, R_4$  – резистори;

$ac$  – діагональ живлення;  $bd$  – діагональ виміру

Вимір заснований на дотриманні певного співвідношення (рівноваги) між опорами (плечима) мосту.

Урівноважений міст - на вершинах вимірювальної діагоналі різниця потенціалів  $U_{bd} = 0$ .

Цьому стану відповідає рівність падінь напруг:

$$U_1 = U_4; \quad U_2 = U_3. \quad (1)$$

За законом Ома

$$U_1 = J_1 R_1; \quad U_2 = J_1 R_2; \quad U_3 = J_2 R_3; \quad U_4 = J_2 R_4. \quad (2)$$



$$R_1 R_3 = R_2 R_4, \quad (3)$$

Рівняння (3) - класична умова рівноваги мостової схеми: якщо добутки опорів протилежних плечей мостової схеми рівні між собою, то на вершинах вимірювальної діагоналі відсутня різниця потенціалів.

Цей метод називається нульовим методом виміру опорів.

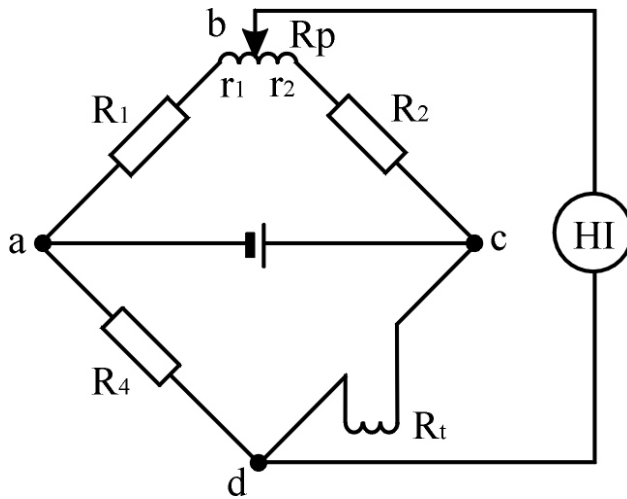


Рис. 2 – Вимірювальний міст:

$R_p$  – реохорд;

HI – нуль-індикатор

Рівновага моста

$$R_1 R_t = R_2 R_4$$

З урахуванням

опорів реохорда  $r_1$  і  $r_2$  :

$$(R_1 + r_1) R_t = (R_2 + r_2) R_4.$$

Якщо різниця потенціалів між точками  $bd$  дорівнює нулю, струм через нуль-гальванометр не протікає і його стрілка установиться на нульовій позначці.

При зміні температури величина  $R_t$  зміниться і міст розбалансується. Щоб відновити рівновагу, необхідно змінити величину опору реохорда, перемістивши його рухливий контакт.

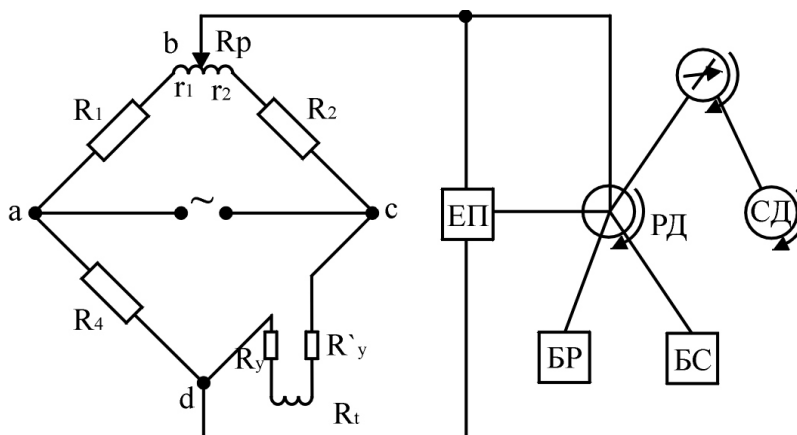


Рис. 3 – Схема автоматичного електронного самописного рівноважного моста перемінного струму :

ЕП – електронний підсилювач; РД – реверсивний двигун

При зміні температури, зміниться температура термометра і величина його електричного опору  $R_t$ . Вимірювальний міст, що складається з опорів  $R_1, R_2, R_4$  та живиться від обмотки силового трансформатора, розбалансується.

В діагоналі моста b-d з'явиться напруга небалансу  $U_{bd}$ . Вона подається на вхід електронного підсилювача ЕП та надходить на реверсивний двигун РД і надає руху його ротору.

Залежно від знака розбалансу, ротор реверсивного двигуна обертається в відповідний бік, переміщуючи движок реохорда  $R_p$ , стрілку і перо по шкалі приладу доти, поки вимірювальний міст не прийде в стан рівноваги.

Напруга на вході електронного підсилювача ЕП в цьому випадку стане рівною нулю, електродвигун РД зупиниться, а прилад покаже вимірювану температуру.

## 2 Електронний автоматичний потенціометр

Електронний автоматичний потенціометр призначений для виміру, запису і регулювання температури від  $-200^{\circ}\text{C}$  до  $+2000^{\circ}\text{C}$ .

Застосовується потенціометричний (компенсаційний) метод виміру, заснований на зрівноважуванні (компенсації) вимірюваної ТЕРС відомою різницею потенціалів, утвореною допоміжним джерелом живлення.

Матеріали термопари: залізо-копель, копель-алюмель, хромель-алюмель, платина-платинородій та ін.

Залежність термоелектрорушійної сили (ТЕРС) від зміни температури - лінійна.

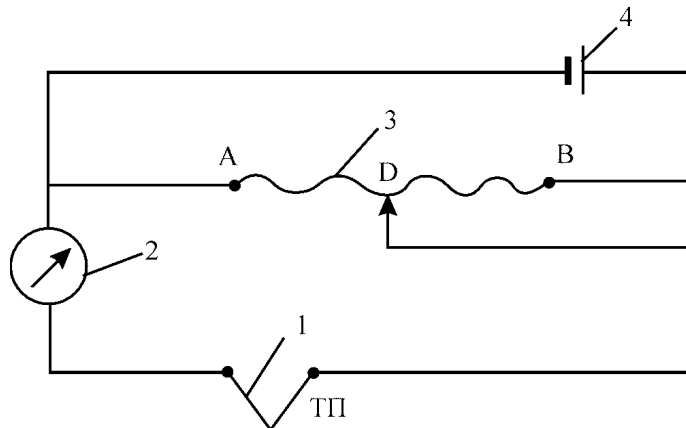


Рис. 4 – Принципова схема компенсаційного методу виміру:

1 – термопара; 2 – вимірювальний прилад;  
3 – реохорд; 4 – джерело живлення

Термопара підключена так, що її струм на ділянці  $R_{AD}$  йде в тому ж напрямку, що і від джерела живлення В. Різниця потенціалів між точкою А і будь-якою проміжною точкою Д пропорційна опору  $R_{AD}$ .

Пересуваючи рухливий контакт Д за умови, що  $E_{ТП} < E_B$ , можна знайти таке його положення, при якому струм у ланцюзі термопари буде рівен 0. Тоді ТЕРС термопари дорівнює величині спадання напруги на ділянці опору  $R_{AD}$ .

Така схема використовується для виміру температури в переносних приладах.

Недолік: ЕРС залежить від сталості струму в ланцюзі реохорда.

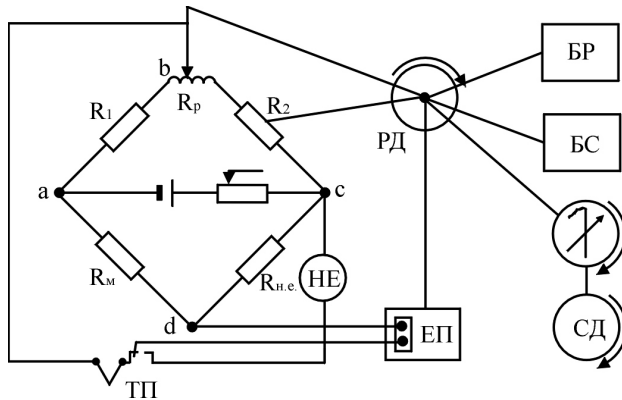


Рис. 5 – Принципова схема електронного потенціометра:  
 HE – нормальний елемент; РД – реверсивний двигун;  
 БР – блок регулювання; БС – блок сигналізації

Рис. 5 – Принципова схема електронного потенціометра:  
 HE – нормальний елемент; РД – реверсивний двигун;  
 БР – блок регулювання; БС – блок сигналізації

## ВИСНОВКИ

Таким чином, вимірювана ЕРС термопарі компенсується спаданням напруги на опорі  $R_p$ , величина якого залежить від положення движка реохорда.

Якщо ЕРС термопарі не дорівнює падінню напруги на зазначених опорах, то різниця напруг, що з'являється на вершинах вимірювального моста  $b$  і  $d$ , подається на каскад перетворення, який складається з вібраційного перетворювача і вхідного трансформатора.

### 8. Видача завдання на самопідготовку.

по наступним джерелам:

1. Абрамов Ю. А. Основи пожарной автоматики. МВД Украины, Харьков ХГТУСА, 1993г.
2. Автоматика для запобігання вибухам і пожежам. Посібник./ Дерев'яно О.А. та інш.
3. Конспект.