

**Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»**



**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ  
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра електропривода**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ  
«ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ» (ЧАСТИНА 1)  
для студентів спеціальності  
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2021

Азюковський О.О. Методичні рекомендації до лабораторних робіт з дисципліни «Теорія автоматичного керування» (Частина 1) для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / О.О.Азюковський. Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2021. – 17 с.

Укладач: О.О.Азюковський, канд. техн. наук, проф.

Погоджено рішенням методичної комісії спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (протокол № 20\21-05 від 10.03.2021).

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Наведено загальні вказівки до виконання лабораторних робіт, порядок виконання робіт, контрольні запитання, вимоги до звіту.

## ЗМІСТ

1	ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ	4
2	<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ІНТЕГРАЛЬНОЇ ТА ДИФЕРЕНЦІЙНОЇ ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК ТА ЛАНКИ ІЗ ЗАПІЗНЕННЯМ	11
3	<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК ПЕРШОГО ТА ДРУГОГО ПОРЯДКУ	12
4	<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК	13
5	<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗІМКНЕНОЇ СИСТЕМИ	15
6	РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	17

## Загальні вказівки до виконання лабораторної роботи

Вказівки призначені для надання методичної допомоги при виконанні лабораторних робіт з теорії управління за спеціальністю 141.

Метою лабораторних робіт є ознайомлення з динамічними і частотними характеристиками систем автоматичного управління (САК) і отримання навичок дослідження лінійних динамічних моделей з використанням пакету прикладних програм Control System Toolbox системи MatLab.

Лабораторні роботи виконуються на персональних комп'ютерах в операційному середовищі Windows зі встановленою системою MatLab і пакетом прикладних програм Control System Toolbox.

Вказівки по техніці безпеки співпадають з вимогами, що пред'являються до користувача ЕОМ. Інші небезпечні і шкідливі чинники відсутні.

### *Мета роботи*

Ознайомлення з динамічними і частотними характеристиками типових ланок та систем автоматичного керування (САК) і отримання навичків дослідження лінійних динамічних моделей з використанням пакету прикладних програм Control System Toolbox системи інженерних розрахунків MatLab.

### *Постановка задачі*

В якості об'єкту дослідження в лабораторних роботах постають лінійні (лінеаризовані) одновимірні типові ланки або системи керування, модель яких задана у вигляді комплексної передавальної функції:

$$W(s) = \frac{b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + \dots + a_1 s + a_0}.$$

Необхідно:

1. Визначити полюси і нулі передавальної функції
2. Записати диференційне рівняння запропонованої ланки у стандартному вигляді.
3. Записати диференціальне рівняння, що визначає функціонування САК.
4. Побудувати графіки перехідної і імпульсно-перехідної функції:  $h(t)$ ,  $w(t)$ .
5. Побудувати логарифмічні частотні характеристики  $L(\omega)$ .
6. Побудувати частотний годограф Найквіста  $W(i\omega)$ ,  $\omega = [0 \infty]$ .
7. Навести приклад пристрою, що може бути описаний типовою ланкою, що досліджується в лабораторній роботі.

## 8. Виконати аналіз якості роботи САК.

### Короткі відомості з теорії

Розглянемо систему автоматичного управління (САК), описувану лінійним диференціальним рівнянням вигляду:

$$\begin{aligned} a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) = \\ = b_m \frac{d^m u(t)}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} u(t)}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{du(t)}{dt} + b_0 u(t), \end{aligned} \quad (1)$$

де  $u(t)$  – вхідний процес,  $y(t)$  – вихідний процес,  $a_i, b_j$  ( $(i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m})$ ) – постійні коефіцієнти,  $n, m$  ( $n \geq m$ ) – постійні числа. В операторній формі вираз (1) може бути записаний  $-A(D)y(t) = B(D)u(t)$ , де  $D$  – оператор диференціювання  $\left( D = \frac{d}{dt} \right)$ . Звідси залежність «вхід-вихід» системи

$$\frac{y(t)}{u(t)} = \frac{B(D)}{A(D)} = W(D) \quad (2)$$

$W(D)$  – передавальна функція.

Один із способів моделювання систем полягає в представленні перетворення «вхід-вихід» у вигляді комплексної передавальної функції:

$$\frac{y(s)}{u(s)} = \frac{B(s)}{A(s)} = W(s) \quad (3)$$

Яку отримують за допомогою перетворення Лапласа за початкових нульових умов.  $s$ -комплексна змінна. Зв'язок між операторною (2) і комплексною (3) передавальними функціями має вигляд:

$$W(s) = W(D) \Big|_{D=s}.$$

Комплексні числа, що є корінням многочлена  $B(s)$ , називаються нулями передавальної функції, а коріння многочлена  $A(s)$  – полюсами.

Динамічні властивості систем характеризують реакції на вхідні збурення. Зокрема аналіз виходу системи на одиничний стрибок і  $\delta$ -функцію (дельта-функцію).

Хай  $u(t) = 1(t)$ , тобто на вхід системи подається функція Хевісайда (одиничний скачок):

$$1(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t \leq 0, \\ 1, & \text{при } t > 0. \end{cases}$$

Графік функції Хевісайда приведений на рис. 1. Реакція САУ на одиничний скачок називається перехідною функцією системи і позначається  $h(t)$ .

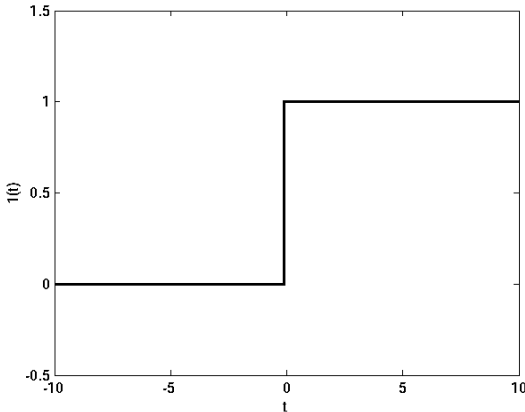


Рис. 1. Функція Хевісайда

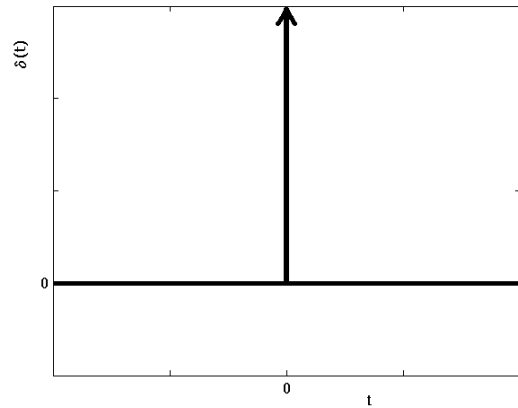


Рис. 2. Функція Дірака

Якщо  $u(t) = \delta(t)$ , тобто на вхід системи поступає функція Дірака ( $\delta$ -функція, імпульсна функція, рис. 2) визначається

$$\delta(t) = \begin{cases} \infty, & \text{при } t = 0, \\ 0, & \text{при } t \neq 0, \end{cases}$$

то реакція САУ називається імпульсною перехідною функцією системи і позначається  $w(t)$ .

Імпульсна і перехідна функції системи зв'язані співвідношенням:

$$h(t) = \int_0^t w(\tau) d\tau.$$

Завдяки широкому вживанню при дослідженні стійкості динамічних систем і проектуванні регуляторів набули поширення частотні характеристики.

На вхід системи з передавальною функцією  $W(s)$  подається гармонійний сигнал  $u(t) = au \cos(\omega t)$ ,  $t > 0$ .

За цими умовами справедлива наступна теорема:

якщо ланка є стійкою, то стала реакція  $y(t)$  на гармонійний вплив є функцією тієї ж частоти з амплітудою  $ay = au |W(i\omega)|$ , і відносним зсувом по фазі  $\psi = \arg W(i\omega)$ .

Таким чином:

$$y(t) = au |W(i\omega)| \cos(\omega t + \arg W(i\omega)),$$

де  $i$  – комплексна одиниця  $W(i\omega) = W(s)|_{s=i\omega}$  – частотна характеристика.

Частотною характеристикою  $W(i\omega)$  стаціонарної динамічної системи називається перетворення Фур'є перехідної функції:

$$W(i\omega) = F[h(t, \tau)] = \int_0^{\infty} w(t - \tau) e^{-i\omega(t - \tau)} d\tau,$$

де  $w(t - \tau)$  – імпульсна перехідна функція.

Зв'язок між комплексною передавальною функцією і частотною характеристикою визначається за допомогою співвідношення:

$$W(s)|_{s=i\omega} = W(i\omega)$$

При фіксованому значенні  $\omega$  частотна характеристика є комплексним числом, і, отже, може бути представлена у вигляді

$$W(i\omega) = A(\omega) e^{i\omega + \psi(\omega)} = U(\omega) + iV(\omega),$$

де  $A(\omega) = |W(i\omega)|$  – амплітудно-частотна характеристика (АЧХ);

$\psi(\omega) = \arg W(i\omega)$  – фазово-частотна характеристика (ФЧХ);

$U(\omega) = \operatorname{Re} W(i\omega)$  – дійсна частотна характеристика (ДЧХ);

$V(\omega) = \operatorname{Im} W(i\omega)$  – уявна частотна характеристика (УЧХ).

Геометричне місце крапок  $W(i\omega)$  на комплексній площині при зміні  $\omega$  від  $\omega_0$  до  $\omega_1$  (звичайно  $\omega_0 = 0$   $\omega_1 = \infty$ ), називається амплітудно-фазовою характеристикою (АФХ) або частотним годографом Найквіста.

Має широке практичне значення діаграма Бode (логарифмічна амплітудна характеристика, ЛАХ), яка визначається як  $L = 20 \lg A(\omega)$ , вимірюється в децибелах і будується як функція від  $\lg \omega$ .

### ***Послідовність виконання роботи***

Для виконання лабораторної роботи використовується пакет прикладних програм (ППП) Control System Toolbox системи інженерних розрахунків MatLab. ППП призначений для роботи з ЛТІ-моделями (Linear Time Invariant Models) систем керування.

У Control System Toolbox є тип даних, що визначають динамічну систему у вигляді комплексної передавальної функції. Синтаксис команди, що створює ЛТІ-систему з одним входом і одним виходом, у вигляді передавальної функції:

$$\text{TF}([b_m \dots, b_1, b_0] [a_n \dots, a_1, a_0])$$

$b_m \dots, b_1$  – значення коефіцієнтів полінома  $U$  в (3)

$a_n, \dots, a_1$  – значення коефіцієнтів полінома  $A$  в (3).

Для виконання роботи можуть застосовуватися команди, приведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Деякі команди Control System Toolbox

Синтаксис	Опис
pole(<LTI-об'єкт>)	Обчислення полюсів передавальної функції
zero(<LTI-об'єкт>)	Обчислення нулів передавальної функції
step(<LTI-об'єкт>)	Побудова графіка перехідного процесу
impulse(<LTI-об'єкт>)	Побудова графіка імпульсної перехідної функції
bode(<LTI-об'єкт>)	Побудова логарифмічних частотних характеристик
nyquist(<LTI-об'єкт>)	Побудова частотного годографа Найквіста

Для визначення коріння поліномів ступеня  $k$  може, також, застосовуються команда MatLab

`roots(P)`

яка, як аргумент  $P$ , отримує матрицю коефіцієнтів полінома  $[pk \dots, p0]$ .

Іншим варіантом отримання графіків динамічних характеристик САК є використання графічного інтерфейсу ППП CST – LTI viewer (версія MatLab 6.0 і вище), виклик якого здійснюється командою

`ltiviewer`

якої, як параметр, можна вказати ім'я змінної, що містить LTI-об'єкт.

Таким чином, виконання лабораторної роботи складається з наступних кроків:

1. Вивчити теоретичні відомості.
2. Запустити систему MatLab.
3. Створити tf-об'єкт, відповідно до заданого варіанту.
4. Скласти диференціальне рівняння, визначаючого функціонування САК.
5. Записати вирази для амплітудно-фазових, дійсних, уявних, фазових та логарифмічних частотних характеристик.
6. Визначити полюси передавальної функції з використанням команди `roots` або `pole`.
7. Визначити нулі передавальної функції з використанням команди `roots` або `zero`.
8. Використовуючи LTI-viewer, або відповідні команди (табл.2) отримати динамічні характеристики – перехідну функцію  $h(t)$ , імпульсно-перехідну



функцію  $w(t)$  і частотні характеристики – діаграму Боде, частотний годограф Найквіста.

9. Відповісти на контрольні питання методичних вказівок.
10. Оформити звіт.
11. Здати звіт викладачу і захистити лабораторну роботу.

### *Методичний приклад*

Задана передавальна функція САК

$$W = \frac{2s + 2}{s^4 + 3s^3 + 4s^2 + 5s + 3}.$$

Знайдемо її динамічні і частотні характеристики з використанням ППП Control System Toolbox системи MatLab. Працюватимемо в командному режимі.

1. Створимо ЛТІ-об'єкт з ім'ям  $w$ , для цього здійснимий:

```
>> w=tf([2 1],[1 3 4 5 3])
```

Transfer function:

2 s + 1

-----  
s^4 + 3 s^3 + 4 s^2 + 5 s + 3

2. Знайдемо полюси і нулі передавальної функції з використанням команд `pole`, `zero`.

```
>> pole(w)
```

ans =

-0.0947 + 1.2837i

-0.0947 - 1.2837i

-1.8105

-1.0000

```
>> zero(w)
```

ans =

-0.5000

3. Побудуємо перехідну функцію. Результат її виконання команд `step(w)` та `impulse(w)` приведений на рис. 3 та рис. 4 відповідно.

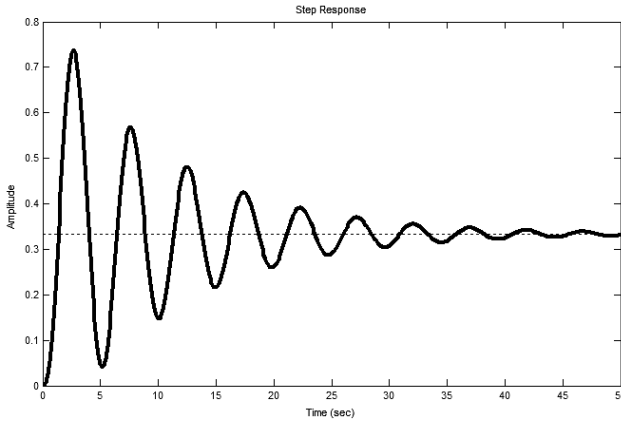


Рис.3. Перехідна функція  $h(t)$

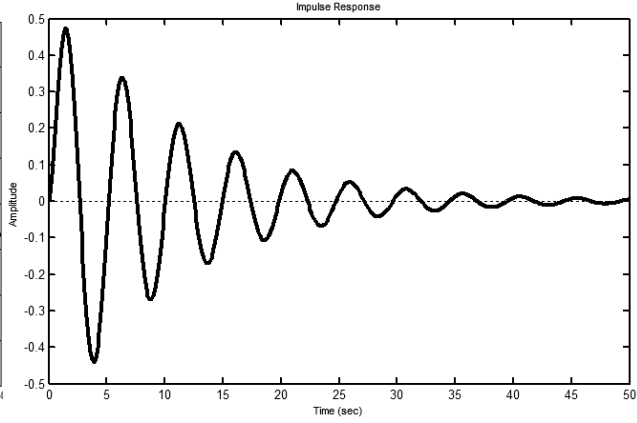


Рис 4. Імпульсна перехідна функція

4. Діаграма Бодє, що отримана за допомогою команди `bode(w)` і частотний годограф Найквіста, отриманий за допомогою команди `nyquist(w)` наведені на рис. 5 та рис. 6 відповідно.

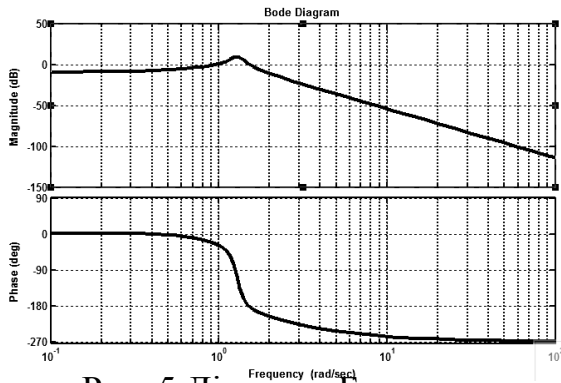


Рис. 5 Діаграма Бодє

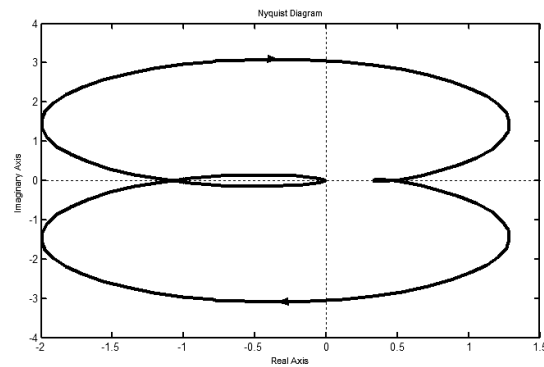


Рис. 6. Частотний годограф Найквіста

5. Подібні результати можна отримати за допомогою команди `ltiviewer(w)` (версія MatLab 6.0 та вище).

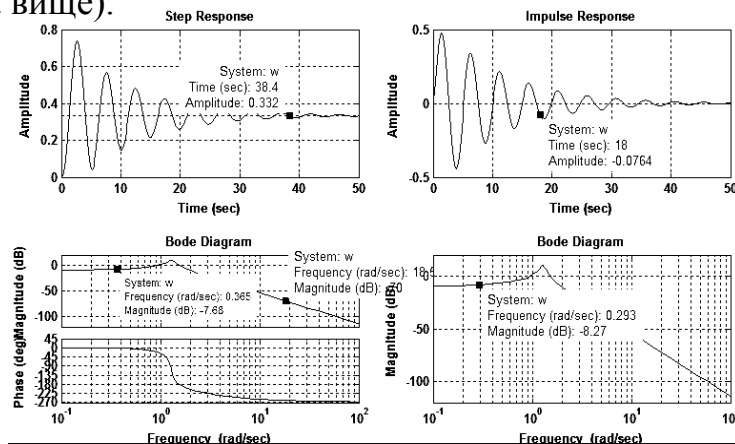


Рис. 7. LTI-viewer

### ***Звіт по лабораторній роботі***

Звіт оформляється відповідно до вимог, що пред'являються до оформлення лабораторних робіт і повинен містити:

1. Титульний лист.
2. Формулювання мети роботи.
3. Постановка задачі відповідно до варіанту завдання.
4. Результати роботи.
5. Висновки.

### ***Контрольні питання***

1. Представте систему у вигляді послідовного з'єднання типових ланок.
2. Дайте визначення і поясніть фізичне значення перехідної функції.
3. Представте початкову систему в просторі стану.
4. Знайдіть передавальну функцію замкнутої системи.
5. Побудуйте динамічні характеристики типових ланок.
6. Визначте вигляд (якісно) ЛЧХ для пропорційно-інтегрально-диференціального регулятора.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ІНТЕГРАЛЬНОЇ ТА ДИФЕРЕНЦІЙНОЇ ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК ТА ЛАНКИ ІЗ ЗАПІЗНЕННЯМ**

***Мета роботи:*** Дослідити властивості характеристик типових динамічних ланок.

### ***Порядок виконання роботи:***

1. Запустити систему MatLab.
2. Створити tf-об'єкт, відповідно до заданого варіанту.
3. Скласти диференціальне рівняння, визначаючого функціонування САК.
4. Записати вирази для амплітудно-фазових, дійсних, уявних, фазових та логарифмічних частотних характеристик.
5. Визначити полюси передавальної функції з використанням команди roots або pole.
6. Визначити нулі передавальної функції з використанням команди roots або zero.
7. Використовуючи LTI-viewer, або відповідні команди (табл.2) отримати динамічні характеристики – перехідну функцію  $h(t)$ , імпульсно-перехідну функцію  $w(t)$  і частотні характеристики – діаграму Боде, частотний годограф Найквіста.

8. Порівняти реакцію на ступінчастий вплив диференційної, інтегральної ідеальних ланок ( $W_d(p), W_i(p)$ ) та диференційної, інтегральної реальних ланок ( $W_{id}(p), W_{ii}(p)$ ),
9. Виконати порівняльний аналіз.
10. Оформити звіт.
11. Здати звіт викладачу і захистити лабораторну роботу.

Передатні функції ланок, що досліджуються:

$$W_d(p) = kp; W_i(p) = \frac{k_1}{p}; W_z(p) = k_1 e^{-p\tau}; W_{id}(p) = \frac{kp}{T_{id}p + 1}; W_{ii}(p) = \frac{k}{p(Tp + 1)}.$$

Параметри ланок визначаються за допомогою наступного виразу:

$$k = 0,02n + 0,15 \frac{n}{n+1}; k_1 = 1,5n + 0,1 \frac{n}{n+1}; T = \frac{(n-5)^{1/n}}{n}; T_{id} = \frac{1}{2n}.$$

де  $n$  - номер варіанту за списком.

### ***Звіт по лабораторній роботі***

Звіт оформляється відповідно до вимог, що пред'являються до оформлення лабораторних робіт і повинен містити:

1. Титульний лист.
2. Формулювання мети роботи.
3. Постановка задачі відповідно до варіанту завдання.
4. Результати роботи.
5. Висновки та аналіз.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК ПЕРШОГО ТА ДРУГОГО ПОРЯДКУ**

***Мета роботи:*** Дослідити властивості характеристик типових динамічних ланок.

***Порядок виконання роботи:***

1. Запустити систему MatLab.
2. Створити tf-об'єкт, відповідно до заданого варіанту.
3. Скласти диференціальне рівняння, визначаючого функціонування САК.
4. Записати вирази для амплітудно-фазових, дійсних, уявних, фазових та логарифмічних частотних характеристик.
5. Визначити полюси передавальної функції з використанням команди roots або pole.

6. Визначити нулі передавальної функції з використанням команди `roots` або `zeros`.
7. Використовуючи LTI-viewer, або відповідні команди (табл.2) отримати динамічні характеристики – перехідну функцію  $h(t)$ , імпульсно-перехідну функцію  $w(t)$  і частотні характеристики – діаграму Боде, частотний годограф Найквіста.
8. Відповісти на контрольні питання методичних вказівок.
9. Оформити звіт.
10. Здати звіт викладачу і захистити лабораторну роботу.

$$W(p) = \frac{k}{Tp+1}, \quad W_1(p) = \frac{k_1}{T_1^2 p^2 + T_2 p + 1},$$

де  $T = \frac{(n-5)^{1/n}}{n} + 1; \quad T_1 = n; \quad T_2 = \sqrt{2\xi}T_1; \quad \xi = 0.4; 0.77; 1.0; 1.8$

$$k = 0,02n + 0,15 \frac{n}{n+1}; \quad k_1 = 1,5n + 0,1 \frac{n}{n+1}.$$

Для ланки з передатною функцією  $W_1(p)$  визначити, при якому співвідношенні сталих часу  $T_1, T_2$  ланка є коливальною (або аперіодичною), консервативною.

### ***Звіт по лабораторній роботі***

Звіт оформляється відповідно до вимог, що пред'являються до оформлення лабораторних робіт і повинен містити:

1. Титульний лист.
2. Формулювання мети роботи.
3. Постановка задачі відповідно до варіанту завдання.
4. Результати роботи.
5. Висновки та аналіз.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК**

***Мета роботи:*** Дослідити властивості характеристик передатних функцій.

***Порядок виконання роботи:***

1. Запустити систему MatLab.
2. Створити tf-об'єкт, відповідно до заданого варіанту.
3. Скласти диференціальне рівняння, визначаючого функціонування САК.

4. Записати вирази для амплітудно-фазових, дійсних, уявних, фазових та логарифмічних частотних характеристик.
5. Визначити полюси передавальної функції з використанням команди roots або pole.
6. Визначити нулі передавальної функції з використанням команди roots або zero.
7. Використовуючи LTI-viewer, або відповідні команди (табл.2) отримати динамічні характеристики – перехідну функцію  $h(t)$ , імпульсно-перехідну функцію  $w(t)$  і частотні характеристики – діаграму Бode, частотний годограф Найквіста.
8. Виконати аналіз якості роботи САК.
9. Навести приклад пристрою, що може бути описаний типовою ланкою, що досліджується в лабораторній роботі.
10. Оформити звіт.
11. Здати звіт викладачу і захистити лабораторну роботу.

### Варіанти завдань

№	ПЕРЕДАТНА ФУНКЦІЯ	номер варіанта	КОЕФІЦІЄНТИ ПОЛІНОМОВ					
			$b_0$	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
1.	$W(p) = \frac{b_0}{a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	1.	0	1	2.6	3.6	2.6	1
		2.	2	1	2.6	3.6	2.9	1
		3.	2	1	2.6	3.7	2.6	1
		4.	5	1	2.2	3.6	2.6	1
		5.	0	1	2.6	3.8	2.6	1
		6.	2	1	2.6	3.6	2.1	1
		7.	3	1	2.6	3.1	2.6	1
		8.	5	1	2.4	3.6	2.6	1
		9.	6	1	2.6	3.4	2.6	1
		10.	4	1	2.0	3.6	2.9	1
			$b_0$	-	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$
2.	$W(p) = \frac{b_0}{a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	1.	1		2.8	4.9	3.4	1
		2.	2		2.8	4.9	3.9	1
		3.	4		2.8	4.1	3.4	1
		4.	8		2.0	4.9	3.4	1

		5.	2		2.8	5	3.4	1
		6	2		2.8	4.9	3.0	1
		7	9		2.0	4.9	3.4	1
		8	7		2.8	4.0	3.4	1
		9	6		2.8	4.9	4	1
		10	2		1.7	4.9	3.4	1
			$b_0$	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
4.	$W(p) = \frac{b_0}{a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$	1.	1	1	12	16	7.2	1
		2.	7	1	12	16	8	1
		3.	4	1	12	2	7.2	1
		4.	7	1	20	16	7.2	1
		5.	8	1	12	4	7.2	1
		6.	7	1	12	16	9	1
		7.	6	1	12	6	7.2	1
		8.	2	1	7	16	7.2	1
		9.	4	1	12	3	7.2	1
		10.	8	1	12	16	2	1

Дослідити вплив на якість перехідних процесів нулів та полюсів передатних функцій.

### ***Звіт по лабораторній роботі***

Звіт оформляється відповідно до вимог, що пред'являються до оформлення лабораторних робіт і повинен містити:

1. Титульний лист.
2. Формулювання мети роботи.
3. Постановка задачі відповідно до варіанту завдання.
4. Результати роботи.
5. Висновки та аналіз.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗІМКНЕНОЇ СИСТЕМИ**

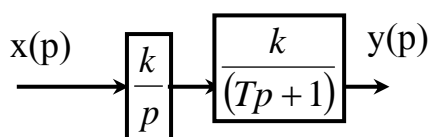
***Мета роботи:*** Дослідити властивості характеристик розімкненої системи.

***Порядок виконання роботи:***

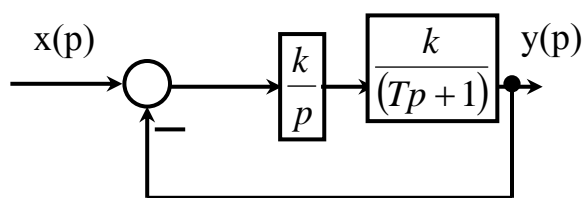
1. Запустити систему MatLab.
2. Створити tf-об'єкт, відповідно до заданого варіанту.

3. Скласти диференціальне рівняння, визначаючого функціонування САК.
4. Записати вирази для амплітудно-фазових, дійсних, уявних, фазових та логарифмічних частотних характеристик.
5. Визначити полюси передавальної функції з використанням команди `roots` або `pole`.
6. Визначити нулі передавальної функції з використанням команди `roots` або `zero`.
7. Використовуючи LTI-viewer, або відповідні команди (табл.2) отримати динамічні характеристики – перехідну функцію  $h(t)$ , імпульсно-перехідну функцію  $w(t)$  і частотні характеристики – діаграму Боде, частотний годограф Найквіста.
8. Виконати аналіз якості роботи розімкненої системи.
9. Провести аналіз властивостей розімкненої системи, зробити висновки щодо її стійкості..
10. Оформити звіт.
11. Здати звіт викладачу і захистити лабораторну роботу.

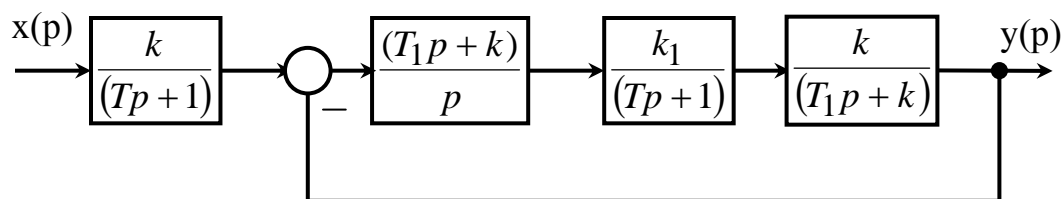
Структурна схема розімкненої системи має вигляд (рис. а), а1), б), в), г)).



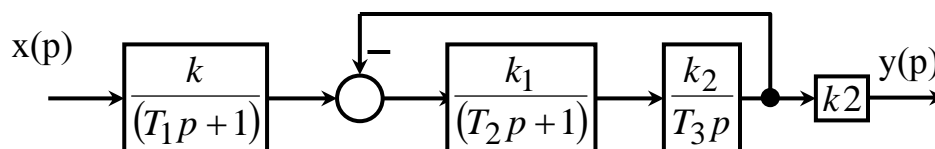
а)



а1)



б)



в)



$$\text{де: } T = \frac{(n-5)^{1/n}}{n} + 1; \quad T_1 = n; \quad T_2 = \sqrt{2}\xi T_1; \quad \xi = 0.4; 0.77; 1.0; 1.8$$

$$k = 0,02n + 0,15 \frac{n}{n+1}; \quad k_1 = k_2 = 1,5n + 0,1 \frac{n}{n+1}.$$

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Базові:

- Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.
- Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 1997.-544с.
- Шаруда В.Г. Практикум з теорії автоматичного управління: Навчальний посібник.- Дніпропетровськ: Національна гірнична академія України, 2002. – 414с., іл.133.
- Bose, Bimal K. Modern power electronics and AC drives. Vol. 123. Upper Saddle River, NJ: Prentice hall, 2002. 711p.
- Golnaraghi, F., and Benjamin C. Kuo Automatic Control Systems. 9th ed. Versailles, Quebecor, 2009. 944 p.

### Додаткові:

- Закон України «Про вищу освіту» [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> .
- Закон України «Про освіту» [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> .
- СТРАТЕГІЯ НАЦІОНАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИЩОЇ ОСВІТИ ДО 2022 р. [Електронний ресурс]. URL: <https://naqa.gov.ua/%D0%BC%D1%96%D1%81%D1%96%D1%8F-%D1%82%D0%B0-%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%96%D1%8F-%D0%B0%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0/>

### Інформаційні ресурси:

Література на сайті кафедри електропривода: <https://elprivod.nmu.org.ua/ua/student/disciplines/tau.php>