

**Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА»**

Методичні вказівки
до лабораторних робіт з дисципліни
«Основи теорії автоматичного керування»

Одеса НУОП 2023

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Методичні вказівки
до лабораторних робіт з дисципліни
«Основи теорії автоматичного керування»
для бакалаврів зі спеціальності
141 - *"Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"*

Затверджено
на засіданні кафедри ЕМІ
Протокол № 1 від 30.08.23

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни **“Основи теорії автоматичного керування”** для бакалаврів зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання /Укл.: Л.В. Мельнікова - Одеса: НУ „Одеська політехніка“, 2023. - 18 с.

Укладач: **Л.В. Мельнікова**, канд. техн. наук, доцент

ЗМІСТ

стор.

1 Загальні методичні вказівки.....	4
2 Лабораторна робота №2.....	4
3 Лабораторна робота № 2.....	7
4 Лабораторная робота № 3	10
5 Склад лабораторного стенду та опис ходу експеримента	13
6 Рекомендації щодо оформлення звіту.....	14
7 Перелік рекомендованої літератури.....	15
8 Приклад оформлення протоколу.....	16

1 Загальні методичні вказівки

Метою лабораторних робіт з курсу «Теорія автоматичного керування» є розвиток у студентів здібностей і придбання ними знань і навичок в дослідженні окремих елементів або систем автоматичного керування в цілому. В роботах досліджуються основні закони керування і регулювання за допомогою математичного і фізичного моделювання.

Задачами лабораторних робіт є:

- здобуття навичок розрахунку характеристик типових ланок чи окремих елементів систем автоматичного керування (САК) і аналізу впливу зміни їх параметрів на властивості елементів;

- розвиток умінь різноманітного дослідження, як аналітичного, так і експериментального динамічних ланок та елементів САК.

Внаслідок проведення лабораторних робіт студенти повинні:

- знати засоби побудови часових і частотних характеристик окремих ланок, системи в цілому та їх експериментального дослідження

- вміти за допомогою математичної моделі чи експериментально знімати і аналізувати характеристики;

- придбати навички вмикання, налаштування лабораторного стенда, а також використання електронного осцилографа, та аналізувати причини розходження експериментальних і розрахункових даних.

На виконання кожної лабораторної роботи відводиться 4 години.

За кожну лабораторну роботу виставляється оцінка, яка обов'язково враховується при модульному контролі.

При підготовці до роботи студенти повинні ознайомитися із змістом лабораторної роботи, проробити відповідні розділи літератури, які рекомендуються, і виконати попередні розрахунки та відповісти на контрольні запитання. Варіанти завдань до лабораторної роботи відповідають порядковому номеру прізвища студента в списку групи.

Перед виконанням роботи керівник проводить співбесіду зі студентами, під час якого встановлюється, якою мірою вони підготовлені до свідомого виконання роботи. Одночасно перевіряються отримані розрахункові результати.

2 Лабораторна робота №1

«Дослідження властивостей типових динамічних ланок. Аперіодична (інерційна) ланка II порядку»

Мета роботи - закріплення знань і придбання навичок в дослідженні аперіодичної ланки II порядку, яка є більш розповсюдженою серед типових динамічних ланок, розвиток умінь аналізувати вплив зміни параметрів на властивості окремих елементів САК.

Короткі теоретичні положення

У системах автоматичного керування використовують цілий ряд типів динамічних ланок. Тип динамічної ланки визначається процесами перетворення сигналу, які ці ланки забезпечують. Для дослідження властивостей різних ланок та систем порівнюють характер зміни вихідної координати при подачі на вхід певних стандартних сигналів (одиничний ступінчатий сигнал, гармонічні сигнали, та інші).

Динамічні властивості ланки визначаються її тимчасовими характеристиками.

Часові характеристики – визначають поведінку системи в часі. На вхід системи подають випробувальний сигнал і вивчають зміну вихідного сигналу протягом певного

проміжку часу. Часові характеристики подають у вигляді функцій часу, або у вигляді графіків залежності вихідного сигналу від часу, який пройшов з моменту початку подачі сигналу.

Характеристики ланок повністю відображають властивості цих ланок, тому дана лабораторна робота присвячена вивченню аперіодичної ланки за допомогою побудови її часових та частотних характеристик. Аперіодична ланка відповідає інерційному елементу, якому властиве певне запізнення, тому її часто називають інерційною.

Передаточна функція аперіодичної ланки II порядку:

$$W(p) = \frac{k}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$$

$$W(p) = \frac{k}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \quad (1.1)$$

де k – коефіцієнт підсилення ланки,
 T_1, T_2 – постійні часу.

Одною з часових характеристик є перехідна характеристика (функція) - $h(t)$.

Перехідна функція, це функція, яка описує вихідний сигнал системи при ступінчастому сигналі на її вході. При подачі на вхід одиничного ступінчастого сигналу, на виході отримуємо перехідну функцію $h(t)$, яка повністю визначається властивостями системи. Перехідна функція аперіодичної ланки має вигляд:

$$h(t) = k \cdot \left[1 - \frac{1}{T_1 - T_2} (T_1 e^{-t/T_1} - T_2 e^{-t/T_2}) \right] \quad (1.2)$$

Частотні характеристики – визначають реакцію систем на гармонічні сигнали різних частот. Подають їх у вигляді частотних функцій або графіків залежності певного параметра (амплітуди, фази) від частоти.

Для побудови частотних характеристик ланки виходять з її передаточної функції $W(p)$. Для цього спочатку треба отримати частотну передаточну функцію $W(j\Omega)$ формальною заміною оператора p у $W(p)$ на уявну величину $j\Omega$, де $j = \sqrt{-1}$, а Ω - частота гармонічного сигналу, яка може змінюватись від 0 до ∞ .

Частотна передаточна функція $W(j\Omega)$ аперіодичної ланки II порядку:

$$W(j\Omega) = \frac{k}{(T_1 j\Omega + 1)(T_2 j\Omega + 1)} \quad (1.3)$$

Амплітудно – частотна характеристика - $A(\Omega)$, АЧХ:

$$A(\Omega) = \frac{k}{\sqrt{T_1^2 \Omega^2 + 1} \sqrt{T_2^2 \Omega^2 + 1}} \quad A(\Omega) = \frac{k}{\sqrt{T_1^2 \Omega^2 + 1} \sqrt{T_2^2 \Omega^2 + 1}} \quad (1.4)$$

Фазово – частотна характеристика - $\Psi(\Omega)$, ФЧХ:

$$\psi(\Omega) = -\arctg T_1 \Omega - \arctg T_2 \Omega$$

$$\psi(\Omega) = -\arctg T_1 \Omega - \arctg T_2 \Omega \quad (1.5)$$

Логарифмічна амплітудно – частотна характеристика будується у логарифмічному масштабі частот - $L(\Omega)$, ЛАЧХ:

$$L(\Omega) = 20 \lg K - 20 \lg \sqrt{T_1^2 \Omega^2 + 1} - 20 \lg \sqrt{T_2^2 \Omega^2 + 1}$$

$$L(\Omega) = 20 \lg K - 20 \lg \sqrt{T_1^2 \Omega^2 + 1} - 20 \lg \sqrt{T_2^2 \Omega^2 + 1} \quad (1.6)$$

Завдання до роботи

1 Часові характеристики

За формулою (2) побудувати перехідну характеристику для заданого варіанта (вар.№1) і в цей же системі координат зі збільшеною в два рази постійну часу T_2 – це буде другий (вар.2) варіант. Розташувати обидва варіанта в одній системі координат з назвою рисунку «Рис. №1 -...». Визначити час перехідного процесу в обох випадках та зв'язати з параметрами ланки. Для одного з варіантів збільшити коефіцієнт посилення вдвічі і порівняти отримані характеристики, це буде рисунок за номером №2. Підписати всі рисунки з нагадуванням чисельних значень параметрів.

2 Частотні характеристики

2.1 Побудувати амплітудно-частотні характеристики для двох варіантів заданих параметрів в одній системі координат. Розташувати на рисунку за номером №3.

2.2 Побудувати фазово-частотні характеристики для двох варіантів заданих параметрів в одній системі координат. Розташувати на рисунку за номером №4. Визначити смугу частот, що пропускаються, і зробити висновок про швидкодію в залежності від постійної часу, порівнюючи два варіанти.

2.3 Побудувати ЛАЧХ для двох варіантів завдань в одній системі координат та розташувати на рисунку за номером №5.

Для побудови частотних характеристик виберіть діапазон частот від 0 до 1000 с⁻¹.

Таблиця №1 - Таблиця варіантів завдання до лабораторної роботи №1

Варіанти	Ланка	Параметри, мс	
1	2	$T_1=2,5$	$T_2=1,5$
2	2	$T_1=2,5$	$T_2=2,5$
3	2	$T_1=5$	$T_2=1,5$
4	2	$T_1=10$	$T_2=2,5$
5	2	$T_1=15$	$T_2=0,75$
6	2	$T_1=18$	$T_2=1,5$
7	2	$T_1=2,5$	$T_2=1$
8	2	$T_1=10$	$T_2=1,5$
9	2	$T_1=2,5$	$T_2=2,5$
10	2	$T_1=5$	$T_2=2,5$
11	2	$T_1=2,5$	$T_2=1,5$
12	2	$T_1=10$	$T_2=0,75$
13	2	$T_1=5$	$T_2=1$
14	2	$T_1=15$	$T_2=5$
15	2	$T_1=18$	$T_2=1,5$
16	2	$T_1=10$	$T_2=1,5$

17	2	$T_1=5$	$T_2=2,5$
18	2	$T_1=2,5$	$T_2=1,5$
19	2	$T_1=2,5$	$T_2=1,5$
20	2	$T_1=10$	$T_2=5$

Зверніть увагу на одиниці виміру постійної часу!!!

Опис ходу досліджень та спосіб фіксації отриманих результатів

Відповідно до заданого варіанту розрахувати, зняти і побудувати амплітудно-частотну (АЧХ), фазочастотну (ФЧХ), а також амплітудно-фазову (АФХ) характеристики при значеннях частоти $\Omega = 50; 100; 200; 400; 800; 1600; 3200 \text{ с}^{-1}$ для ланок, передаточні функції яких вказані в п.5.

Зняти з екрана осцилографа перехідну характеристику заданої ланки для кількох значень змінних параметрів, зробити висновок про вплив цих параметрів на перехідну характеристику.

Розрахунки подати у вигляді таблиць та графіків.

Кожний з 5ти рисунків описати і зробити окремі висновки, а саме, як впливають параметри ланки на її властивості.

Контрольні запитання за темою

1. Дайте визначення коефіцієнту підсилення ланки і постійної часу.
2. Який вигляд має реакція на одиничний стрибок пропорційної ланки?
3. Який вигляд має перехідна характеристика інерційної ланки?
4. Які частотні характеристики використовуються при дослідженні ланок?
5. Особливості будування логарифмічної амплітудно-частотної характеристики?
6. Що таке частота спокуси
7. Який вигляд має ЛАЧХ ланки 2 при $K>1$; $K<1$; $K=1$?
8. Чим відрізняються інерційні ланка першого і другого порядку?

3. Лабораторна робота №2

«Дослідження властивостей типових динамічних ланок. Коливальна ланка»

Мета роботи - закріплення знань і придбання навичок в дослідженні коливальної ланки, яка є типовою динамічною ланкою, а її властивості залежать від співвідношення параметрів ланки; розвиток умінь аналізувати, коли коливальна ланка стає консервативною ланкою, а коли перетворюється на аперіодичну ланку II порядку.

Короткі теоретичні положення

Задана коливальна ланка (див. п.5) з передаточною функцією:

$$W(p) = \frac{1}{T_1 T_2 p^2 + T_1 p + 1} \quad (2.1)$$

З'ясуємо властивості цієї ланки, порівнюючи її з передаточною функцією коливальної ланки, записаною у стандартному вигляді, тобто типової:

$$W(p) = \frac{1}{Tp^2 + 2T\xi p + 1} \quad (2.2)$$

Параметри типової коливальної ланки:

$$\text{фіктивна постійна часу} \quad T = \sqrt{T_1 T_2}$$

$$\xi = \frac{T_1}{2\sqrt{T_1 T_2}}$$

коефіцієнт демпфування коливань:

Якщо $\xi < 1$, то це коливальна ланка з яскраво вираженими коливальними властивостями.

Розрахуємо ці параметри та побудуємо перехідні та частотні характеристики. Для побудови перехідної характеристики потрібні такі параметри:

$$\alpha = \frac{\xi}{T}$$

- показник згасання

$$\Omega_0 = \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{T}$$

- частота власних коливань

$$\delta = \arctg \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{\xi}$$

- початкова фаза

$$a = \frac{1}{\sqrt{1-\xi^2}}$$

- амплітуда коливань

Перехідна функція:

$$x = Kx_0 \left[1 - ae^{-\alpha t} \sin(\Omega_0 t + \delta) \right] \quad (2.3)$$

$K=1, x_0=1(t)$

Частотні характеристики коливальної ланки

Частотна передаточна функція виходить з (2.2):

$$W(j\Omega) = \frac{K}{1 - T\Omega^2 + j2T\xi\Omega} \quad (2.4)$$

Амплітудна частотна характеристика:

$$A(\Omega) = \frac{K}{\sqrt{(1 - T^2\Omega^2)^2 + 4T^2\xi^2\Omega^2}} \quad (2.5)$$

Взявши похідну підкореного виразу знаменника (2.5) і прирівнявши її до нуля, визначимо резонансну частоту, при якій амплітуда стає максимальною:

$$\Omega_p = \frac{\sqrt{1-2\xi^2}}{T} \quad (2.6)$$

Амплітуда, що відповідає резонансній частоті Ω_p ,

$$A_m = \frac{K}{2\xi\sqrt{1-\xi^2}} \quad (2.7)$$

З (2.6) видно, що Ω_p існує лише за $\xi < 0,71$. При $\xi > 0,71$ сплеск відсутнє, що свідчить про слабкі прояви коливальних властивостей ланки.

Фазова частотна характеристика будується за такою формулою:

$$\psi(\Omega) = \begin{cases} -\arctg \frac{2T\xi\Omega}{1-T^2\Omega^2}, \text{ при } \Omega < \frac{1}{T} \\ -\pi + \arctg \frac{2T\xi\Omega}{T^2\Omega^2-1}, \text{ при } \Omega > \frac{1}{T} \end{cases} \quad (2.8)$$

Побудова логарифмічної амплітудної характеристики виконується за формулою

$$L(\Omega) = 20\lg K - 20\lg \sqrt{(1-T^2\Omega^2)^2 + 4T^2\xi^2\Omega^2} \quad (2.9)$$

Завдання до роботи

1. За формулою (2.3) побудувати перехідну характеристику ланки. Знайти час перехідного процесу та період коливань. Змінюючи одну з постійних часу (збільшити T_2 в два рази), з'ясувати, як ця зміна впливає на властивості ланки.
2. Побудувати амплітудно-частотну, фазо-частотну та логарифмічну характеристики. Виберіть діапазон частот від 0 до 1600 с-1.
3. Розрахунки подати у вигляді таблиць та графіків.
4. Всі рисунки описати, дати в назвах рисунків конкретні цифри відповідно використаним параметрам.
5. Зробити окремі висновки, а саме, як впливають параметри ланки на її властивості

Таблиця №2 - Таблиця варіантів завдання до лабораторної роботи №2

Варіанти	Ланка	Параметри, мс	
1	3	T1=0,15	T2=0,75
2	3	T1=0,61	T2=2,5
3	3	T1=0,31	T2=5
4	3	T1=1	T2=2,5
5	3	T1=1,25	T2=1
6	3	T1=1	T2=1,5
7	3	T1=0,15	T2=2,5
8	3	T1=1	T2=1,5
9	3	T1=0,61	T2=2,5

10	3	T1=1,0	T2=2,5
11	3	T1=0,61	T2=1,5
12	3	T1=0,31	T2=1
13	3	T1=1	T2=0,75
14	3	T1=0,15	T2=5
15	3	T1=0,61	T2=1,5
16	3	T1=1	T2=1
17	3	T1=0,31	T2=2,5
18	3	T1=1,25	T2=1,5
19	3	T1=0,15	T2=1,5
20	3	T1=0,61	T2=5

Опис ходу досліджень та спосіб фіксації отриманих результатів

Відповідно до заданого варіанту розрахувати, зняти і побудувати амплітудно-частотну (АЧХ), фазочастотну (ФЧХ), а також амплітудно-фазову (АФХ) характеристики при значеннях частоти $\Omega = 50; 100; 200; 400; 800; 1600; 3200 \text{ с}^{-1}$ для ланок, передаточні функції яких вказані в п.5.

Зняти з екрана осцилографа перехідну характеристику заданої ланки для кількох значень змінних параметрів, зробити висновок про вплив цих параметрів на перехідну характеристику.

Контрольні запитання за темою

- 1 Назвіть параметри коливальної ланки.
- 2 Що таке коефіцієнт демпфування ξ і кутова частота вільних коливань?
- 3 Від чого залежить частота власних коливань ланки?
- 4 Яка амплітуда відповідає резонансної частоти?
- 5 Що таке консервативна ланка?
- 6 При яких умовах ланка II-го порядку буде коливальною?
- 7 В якому випадку коливальна ланка не має сплеску частотної характеристики?

4 Лабораторна робота №3

«Дослідження динаміки замкнутої системи»

Мета роботи - дослідження стійкості замкнутої системи - вивчення впливу коригуючих ланок на стійкість і якість перехідного процесу.

Короткі теоретичні положення

Досліджувати властивості системи автоматичного керування та виявляти її працездатність можна за допомогою критеріїв стійкості – алгебраїчного та частотного.

Скористаємося алгебраїчним критерієм стійкості у формі визначників матриці Гурвіца, що складаються з коефіцієнтів характерного рівняння системи.

Прирівнюючи ліву частину рівняння САК до нуля, отримаємо характеристичне рівняння, яке в загальному вигляді для рівняння 4го порядку буде:

$$a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4 = 0$$

Алгебраїчний критерій стійкості Гурвіца ґрунтується на тому, що повинні виконуватися такі дві умови стійкості:

1. Необхідно, щоб усі коефіцієнти характеристичного рівняння мають бути

позитивними: $a_0 > 0, a_1 > 0, a_2 > 0, a_3 > 0, a_4 > 0$

2. Для того, щоб система автоматичного управління була стійка, необхідно і достатньо, щоб усі визначники матриці Гурвіца мали знаки, однакові зі знаком першого

коефіцієнта характеристичного рівняння a_0 , тобто при $a_0 > 0$, були позитивними.

Тобто, для рівняння 4-го порядку: $a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1^2 a_4 > 0$

Для рівняння 3-го порядку: $a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$

Логарифмічний критерій стійкості

В інженерній практиці широке застосування отримав аналіз стійкості замкнутої системи автоматичного управління, заснований логарифмічних частотних характеристик розімкнутої системи. Це пов'язано з тим, що використовуються асимптотичні логарифмічні частотні характеристики, які легко побудувати.

Критерій стійкості Найквіста стосовно логарифмічних частотних характеристик дозволяє визначити стійкість за видом логарифмічної амплітудної характеристики (ЛАЧХ) і фазової характеристики ФЧХ.

У абсолютно стійких системах фазовий зсув може досягати значення $\varphi = -180^\circ$ тільки при модулях, менших, ніж одиниця, а в умовно стійких системах фазовий зсув може досягати -180° парне число разів. Це дозволяє легко визначити стійкість за виглядом ЛАЧХ і ФЧХ розімкнутої системи.

У разі абсолютно стійкої системи точка перетину ЛАЧХ із віссю нуля децибел

(частота зрізу - Ω_{cp}) лежить ліворуч від точки, де фазовий зсув досягає значення

$\varphi = -180^\circ$, тобто при частоті - Ω_π . Таким чином, умова стійкості дотримується, якщо

$\Omega_{cp} < \Omega_\pi$. Побудова ЛАЧХ проводиться за виразом: $L(\Omega) = 20 \lg A(\Omega)$,

де $A(\Omega)$ - модуль частотної передаточної функції розімкнутої системи.

Завдання до роботи

Об'єкт дослідження - система, що складається з типових ланок, з'єднаних послідовно і охоплених одиничним негативним зворотним зв'язком. Корируюча ланка також включається послідовно.

Таблиця №3 - Таблиця варіантів завдання до лабораторної роботи №3

Варіант	Ланка	Параметри		Ланка	Параметри		Корируюча ланка	Параметри	
1	1	K=5	T=2,6	2	T1=2,5	T2=1,5	5	K=4	

2	1	$K=5$	$K=1,3$	2	$T1=2,5$	$T2=2,5$	6	$K1=0,4$	$K2=2$
3	1	$K=4$	$T=3,9$	3	$T1=0,31$	$T2=1,5$	5	$K=4$	
4	2	$T1=10$	$T2=2,5$	6	$K1=0,2$	$K2=0,2$	5	$K=0,5$	
5	3	$T1=1,25$	$T2=4$	6	$K1=0,4$	$K2=0,4$	5	$K=4$	
6	2	$T1=18$	$T2=1,5$	6	$K1=0,2$	$K2=0,2$	5	$K=4$	
7	1	$K=5$	$T=1,3$	2	$T1=2,5$	$T2=2,5$	5	$K=2$	
8	1	$K=3$	$T=1,3$	3	$T1=1,0$	$T2=2,5$	6	$K1=0,4$	$K2=2$
9	1	$K=3$	$T=3,9$	3	$T1=0,63$	$T2=1,5$	5	$K=4$	
10	2	$T1=2,5$	$T2=0,75$	3	$T1=0,31$	$T2=1,5$	5	$K=4$	
11	2	$T1=2,5$	$T2=1,5$	3	$T1=1,25$	$T2=4$	6	$K1=2$	$K2=2$
12	2	$T1=2,5$	$T2=5$	6	$K1=0,2$	$K2=0,2$	5	$K=0,5$	
13	1	$K=4$	$T=2,6$	2	$T1=15$	$T2=1,5$	5	$K=4$	
14	1	$K=3$	$T=1,3$	2	$T1=5$	$T2=2,5$	6	$K1=0,4$	$K2=2$
15	1	$K=5$	$T=3,9$	3	$T1=0,63$	$T2=1,5$	5	$K=4$	
16	2	$T1=5$	$T2=2,5$	6	$K1=0,4$	$K2=0,4$	5	$K=0,5$	
17	3	$T1=0,31$	$T2=4$	6	$K1=0,2$	$K2=0,2$	5	$K=4$	
18	2	$T1=5$	$T2=1,5$	6	$K1=2$	$K2=0,2$	5	$K=4$	
19	1	$K=4$	$T=1,3$	2	$T1=10$	$T2=2,5$	5	$K=2$	
20	1	$K=5$	$T=2,6$	3	$T1=1,0$	$T2=2,5$	6	$K1=0,4$	$K2=2$

Стала часу дається в мс

Опис ходу досліджень та спосіб фіксації отриманих результатів

- 1 Записати передаточні функції всіх ланок системи і коригуючої ланки відповідно до варіанту завдання.
- 2 Записати передаточну функцію розімкненої системи без коригуючої ланки, побудувати для неї ЛАЧХ и ФЧХ і визначити її стійкість.
- 3 Записати передаточну функцію розімкненої системи з коригуючою ланкою, побудувати для неї ЛАЧХ и ФЧХ і визначити її стійкість.
- 4 Перевіримо отриманий висновок за допомогою алгебраїчного критерія стійкості.
- 5 Визначимо передаточну функцію замкнутої системи при послідовної корекції (з коригуючою ланкою) та напишемо характеристичне рівняння системи.
- 6 Скористаємося алгебраїчним критерієм стійкості
- 7 Зняти осцилограму напруги в замкнутій системі без корекції.
- 8 Те ж, з корекцією.
- 9 Розрахувати значення статичної похибки за завданням.
- 10 Визначити для заданих умов статичну похибку системи за завданням.
- 11 Зробити висновки.

Контрольні запитання за темою

- 1 Як використовується алгебраїчний критерій для визначення стійкості системи?
- 2 Як виглядають умови стійкості системи при використанні логарифмічного критерія?
- 3 За допомогою ЛАЧХ показати, як впливає на стійкість зміна коефіцієнта підсилення системи. Що таке критичний коефіцієнт підсилення?
- 4 Які переваги мають частотні критерії стійкості?
- 5 Що таке корекція?
- 6 Який зв'язок існує між частотою зрізу і часом перехідного процесу системи?
- 7 За допомогою яких методів можна досягти стійкості в системах автоматичного керування

5 Склад лабораторного стенда та опис ходу експерименту

У лабораторному стенді на базі активних і пасивних елементів реалізовані типові динамічні ланки з можливістю зміни коефіцієнтів підсилення і сталих часу.

СКЛАД ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ

1. Аперіодична ланка I-го порядку: варіанти параметрів

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

K= 1; 2; 3; 4; 5;
T=1,3; 2,6; 3,9; 8; 12; 25 мс

2. Аперіодична ланка II-го порядку:

K=2
T₁=2,5; 5; 10; 15; 18 мс;

$$W(p) = \frac{k}{(T_1p + 1)(T_2p + 1)}$$

T₂=0,75; 1; 1,5; 2,5; 5 мс

3. Коливальна ланка:

T₁=0,15; 0,31; 0,61; 1; 1,25 мс;

$$W(p) = \frac{1}{T_1T_2p^2 + T_1p + 1}$$

T₂=0,75; 1; 1,5; 2,5; 5 мс;

4. Суматор з трьома прямими і трьома інверсними входами.

5. Інтегро - диференціююча ланка I-го порядку:

T=7,5 мс; K=0,5; 0,75; 1; 2; 4;

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

6. Інтегро- диференціююча ланка II-го порядку:

$T_1 = 10$ мс; $T_2 = 1,25$ мс;
 $K_1 = 0,2; 0,4; 1; 1,25; 2;$

$$W(p) = \frac{(T_1 k_1 p + 1)(T_2 k_2 p + 1)}{k_1 k_2 (T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$$

$K_2 = 0,2; 0,4; 1; 1,25; 2;$

Примітка: У всіх випадках завдань окремих робіт стала часу дається в мс.

Експериментальна частина лабораторної роботи виконується в наступному порядку:

- ознайомитись зі стендом і апаратурою, звернути увагу на способи підключення приладів.
- зібрати заданий варіант схеми;
- зробити необхідні експериментальні вимірювання за допомогою приладів і осцилографу;
- після закінчення експерименту слід порівняти дані розрахунків з експериментальними

ОПИС ХОДУ ЕКСПЕРИМЕНТУ

1. Включити стенд і осцилограф.
2. Підключити вхід ланки, що досліджується, до виходу генератора «СИГНАЛ»
3. Підключити вихід ланки до входу 1 комутатора сигналів (ЕКС), «СИГНАЛ» подати на вхід 2 ЕКС і встановити тумблер на ЕКС в положення «ВКЛ».
4. Підключити вихід ЕКС до входу осцилографа.
5. Встановити задані параметри ланки.
6. Для зняття частотних характеристик тумблер «Вихідний сигнал» встановити в положення "Гармонічний Сигнал"
7. Перемикачем «Частота» встановити необхідну частоту сигналу.
8. Повертаючи рукоятку «Добротність генератора», добитися синусоїдальної форми сигналу.
9. Повертаючи рукоятку «Амплітуда сигналу», встановити амплітуду такою, щоб ланка, яка досліджується, не входила в режим насичення.
10. Перемикачами «В/діл» і «Час/діл», рукояткою «Рівень» на передній панелі осцилографа добитися стійкого зображення.
11. За допомогою координатної сітки виміряти амплітуди вхідного і вихідного сигналів, зсув фаз.
12. Для зняття перехідних характеристик встановити тумблер «Вхідний сигнал» в положення  , повторити пп. 9,10, зняти форму вихідного сигналу з екрану осцилографа, визначити час перехідного процесу.

6 Рекомендації, щодо оформлення звіту

Завершальним етапом лабораторної роботи є оформлення протоколу. У протоколі приводяться:

- варіант завдання;
- передаточна функція досліджуваної ланки;
- опис характеру роботи з пояснюванням, які самі характеристики ланки досліджуються;
- формули та рівняння характеристик в загальному, та чисельному вигляді;
- таблиці виконаних розрахунків та експериментальних даних;
- графіки отриманих результатів;
- висновки щодо виконаної роботи, в яких аналізуються отримані дані, вплив зміни параметрів на властивості елементів САК та проводиться порівняння даних експерименту з розрахунками;

Кожен студент оформляє протокол, який необхідно здати керівнику не пізніше, ніж до початку наступного заняття.

Приклад виконання декілька пунктів протоколу наводиться в Додатку А.

7 Перелік рекомендованої літератури

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. - К.: Либідь— 2007. – 656 с.
2. Герасимyak Р.П. Збірник задач до курсу “Теорія автоматичного керування”: Навчальний посібник. – Одеса: Видавництво Одеського національного політехнічного університету, 2003. - 102 с.
3. Теорія автоматичного керування. Навч. посібник //Авт. Сорока К.О. – Харків, ХНАМГ, 2006 – 187 с
4. Динаміка елементів автоматизованого електроприводу: Навч. посібник / Р.П. Герасимyak.- Київ; УМК У, 1989.-100 с.
5. Попович М. Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В. Б. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. - К.: Либідь— 2005. – 680 с.
6. Підвищення якості систем автоматичного керування. Навч. посібник / Р.П. Герасимyak. – К.: УМК ВО. - 1992.- 100 с.

ДОДАТОК А

Приклад оформлення протоколу

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Одеська політехніка»
Інститут електромеханіки та електротехніки

Кафедра електромеханічної інженерії

Протокол

до лабораторної роботи №1

з дисципліни «Основи теорії автоматичного керування»

за темою *„Дослідження властивостей типових динамічних ланок.*

Аперіодична (інерційна) ланка II порядку“

Виконав:

Перевірів:

студент _____

викладач кафедри ЕМІ

група _____

Одеса 2023

1 Номер варіанту

Таблиця 1 - Задані параметри ланок

Варіант №1			
Коефіцієнт підсилення K	Номер варіанта	Постійна часу T_1 , мс	Постійна часу T_2 , мс
2	№1	2,5	1,5
	№2	2,5	1,5 / 2 = 0,75

2 Дослідження часових характеристик аперіодичної ланки

Загальна формула перехідної характеристики:

$$h(t) = k \cdot \left[1 - \frac{1}{T_1 - T_2} \left(T_1 e^{-\frac{t}{T_1}} - T_2 e^{-\frac{t}{T_2}} \right) \right]$$

2.1 Зменшення постійної часу аперіодичної ланкивар №1: $T_1=0,0025$ с $T_2=0,0015$ свар. №2: $T_1=0,0025$ с $T_2=0,00075$ с

Формули з чисельними значеннями для кожного варіанта:

$$\text{№1} - h(t) = 2 \cdot \left[1 - \frac{1}{0,0025 - 0,0015} \left(0,0025 e^{-\frac{t}{0,0025}} - 0,0015 e^{-t/0,0015} \right) \right]$$

$$\text{№1} - h(t) = 2 \cdot \left[1 - \frac{1}{0,0025 - 0,0015} \left(0,0025 e^{-\frac{t}{0,0025}} - 0,0015 e^{-t/0,0015} \right) \right]$$

$$\text{№2} - h(t) = 2 \cdot \left[1 - \frac{1}{0,0025 - 0,00075} \left(0,0025 e^{-\frac{t}{0,0025}} - 0,00075 e^{-t/0,00075} \right) \right]$$

$$\text{№2} - h(t) = 2 \cdot \left[1 - \frac{1}{0,0025 - 0,00075} \left(0,0025 e^{-\frac{t}{0,0025}} - 0,00075 e^{-t/0,00075} \right) \right]$$

Таблиця 2 - Розрахункові данні перехідної функції при зменшення постійної часу

t, мс	0	0,001	0,003	0,005	0,008	0,01	0,015	0,02	0,03
h(t)1	0,00	0,19	0,90	1,43	1,81	1,91	1,99	2,00	2,0
h(t)2	0,00	0,31	1,16	1,61	1,88	1,95	1,99	2,00	2,00

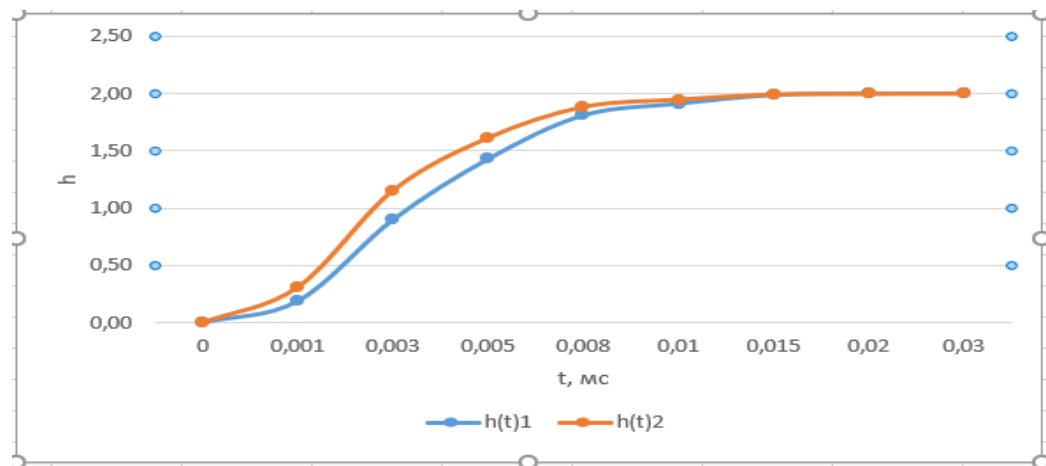


Рисунок 1- Перехідні характеристики для варіантів з параметрами....

Опис рисунка 1. Часові характеристики досягають свого сталого значення, який дорівнює коефіцієнту підсилення за різний час.

Характеристика з зменшеною постійною часу швидше наростає і має менший час перехідного процесу.

Висновок: зменшення постійної часу підвищує швидкодію ланки, або елементу САК.

2.2 Збільшення коефіцієнта підсилення ланки в два рази

Порівняння характеристик з збільшеним в два рази коефіцієнтом підсилення

$$h(t)1 = 2 \cdot \left[1 - \frac{1}{0,0025 - 0,0015} \left(0,0025e^{-\frac{t}{0,0025}} - 0,0015e^{-t/0,0015} \right) \right]$$

$$h(t)1 = 2 \cdot \left[1 - \frac{1}{0,0025 - 0,0015} \left(0,0025e^{-\frac{t}{0,0025}} - 0,0015e^{-t/0,0015} \right) \right]$$

$$h(t)2 = 4 \cdot \left[1 - \frac{1}{0,0025 - 0,00075} \left(0,0025e^{-\frac{t}{0,0025}} - 0,0075e^{-t/0,00075} \right) \right]$$

$$h(t)2 = 4 \cdot \left[1 - \frac{1}{0,0025 - 0,00075} \left(0,0025e^{-\frac{t}{0,0025}} - 0,0075e^{-t/0,00075} \right) \right]$$

Таблиця 2 - Розрахункові данні перехідної функції при збільшенні коефіцієнта підсилення

t, мс	0	0,001	0,003	0,005	0,008	0,01	0,015	0,02	0,03
h(t)1	0,00	0,19	0,90	1,43	1,81	1,91	1,99	2,00	2,00
h(t)2	0,00	0,62	2,31	3,23	3,77	3,90	3,99	4,00	4,00

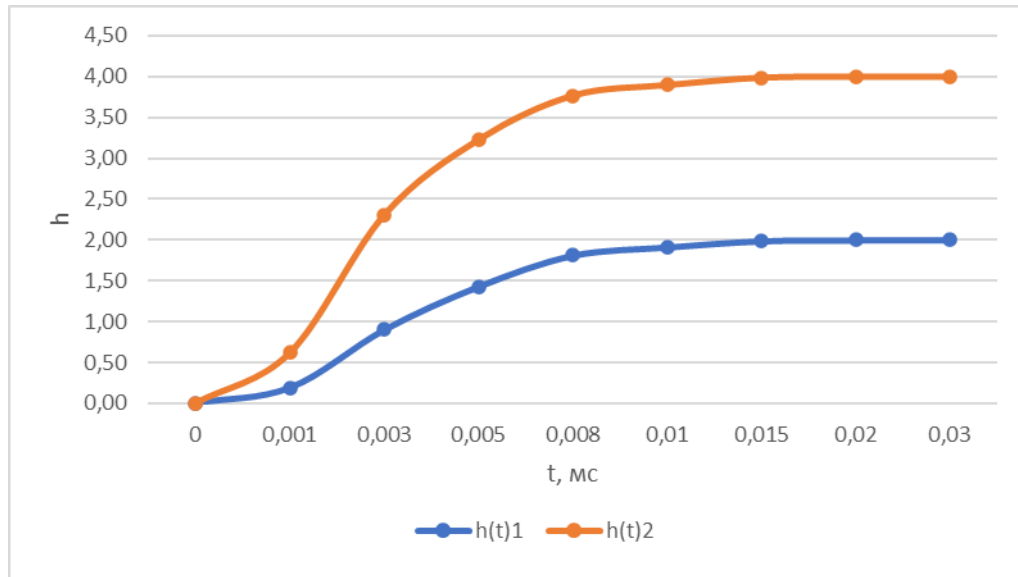


Рисунок 2 – Перехідні характеристики ланки при коефіцієнтах підсилення: $K=2$ та $K=4$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ