

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з курсу
"ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ"

ЧАСТИНА I

Для студентів, що навчаються по напрямку
6.050201 "Системна інженерія"

(для денної та заочної форм навчання)

Затверджено
на засіданні кафедри
автоматики й телекомунікацій
Протокол № від .

Затверджено на засіданні учбово-
видавничої ради ДонНТУ
Протокол № 3 від 02.06.2010.

Донецьк, ДонНТУ 2010 р.

УДК 62-52 (071)

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Теорія автоматичного управління", частина 1 (для студентів за напрямком підготовки 6.050201 "Системна інженерія" (СУА) денної та заочної форм навчання)/
Укладачі: Р.В. Федюн, В.О. Попов, Т.В. Найдьонова - Донецьк: ДонНТУ, 2010.- 62 с.

Наведено опис аналогового обчислювального комплексу АОК-6 і його застосування при виконанні лабораторних робіт, короткі відомості з теорії, порядок виконання робіт, зміст звіту, список літератури.

Укладачі:

Р.В. Федюн, доц.

В.О. Попов, доц.

Т.В. Найдьонова, ас.

Рецензент

А.И. Секирин, доц.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ АНАЛОГОВОГО ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ АОК-6 У ЛАБОРАТОРНИХ РОБОТАХ З КУРСУ ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ.

ЦІЛЬ РОБОТИ - вивчити функціональні можливості й одержати практичні навички по основах моделювання систем автоматичного управління на АОК-6.

1.1. КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

1.1.1. Призначення, загальна характеристика й склад АОК-6

Комплекс аналоговий обчислювальний АОК-6 призначений для дослідження шляхом моделювання динамічних процесів і систем автоматичного управління у лабораторних умовах.

АОК-6 поєднує в одному приладі малу аналогову обчислювальну машину (МЕМ-6), систему індикаційно-вимірювальних засобів (СІВЗ) і джерело живлення. Конструктивно прилад виконаний у вигляді окремих функціонально закінчених блоків і модулів, укладених у єдиний корпус із чотирма відсіками. Розташування модулів у корпусі АОК-6 показано на рис. 1.1.

Ліворуч розташовані блоки індикаційно-вимірювальної системи, електронно-променевої індикатор, генератор системи синхронних сигналів, електронний комутатор і службовий модуль. Центральна частина АОК-6 - складальна панель розрахована на установку шести змінних модулів, з яких формується аналогова модель процесу. Праворуч розташований блок живлення.

Основні характеристики МЕМ-6: максимальний порядок моделюємої системи-6, режими інтегрування – безперервний, однократний, періодичний; ввід початкових умов – від внутрішнього й зовнішнього джерел; діапазон зміни змінних – від мінус 10 до плюс 10 В; час інтегрування – від 10^{-3} до 10с.

Вирішальні модулі МЕМ-6 виконані у вигляді перетворювачів сигналів, що відповідають основним математичним операціям у структурних моделях систем автоматичного управління.

Модуль	Модуль	Модуль				Блок
і	г	с	Модуль	Модуль	Модуль	ж
н	е	л	змінний	змінний	змінний	и
д	н	у				в
и	е	ж	1	2	3	л
к	р	б				е
а	а	о				н
т	т	в	Модуль	Модуль	Модуль	н
о	о	и	змінний	змінний	змінний	я
р	р	й	4	5	6	
а	а					

Рисунок 1.1 - Розташування модулів у корпусі АОК-6

Мнемонічне зображення перетворювачів на передніх панелях вирішальних модулів відповідає їхньому загальноприйнятому зображенню в науково-технічній і навчальній літературі. Функціональний склад, організація й мнемоніка передніх панелей забезпечують простоту й наглядність набору структурних моделей систем.

Система індикаційно-вимірювальних засобів АОК-6 включає: електронно-променевий індикатор, електронний комутатор, генератор системи синхронних сигналів, цифровий вольтметр, цифровий вимірювач тривалості сигналів, блок перетворення координат, чотири джерела еталонної напруги, два дільники сигналів. СІВЗ забезпечує вивчення процесів у структурних моделях систем по сімействах графічних характеристик перехідних і сталих процесів, по сімействах фазових траєкторій у двомірному й тривимірному просторі.

Забезпечується можливість виміру параметрів моделі, обмірювання сімейств характеристик, тимчасових інтервалів і фаз сигналів у цифровому виді.

Електроживлення МЕМ-6 і СІВЗ здійснюється від вбудованого в комплекс блоку живлення.

1.1.2. Функціональні можливості елементів системи індикаційно-вимірювальних засобів і основні рекомендації з їхнього використання.

Електронно-променеий індикатор призначений для спостереження електричних сигналів - напруг до 10 В. У частотному діапазоні від 0 до 50 кГц. Конструктивно він являє собою закінчений вузол, що складається з кожуха з електронно-променевою трубкою усередині та електронного блоку, оформленого у вигляді підставки. Кожух і підставка зв'язані шарніром, що дозволяє підняти екран індикатора й зафіксувати його у зручному для роботи положенні.

Індикатор має два незалежних канали вертикального Y і горизонтального X відхилення променя й канал управління яскравістю променя Z. Вхідні гнізда X, Y, Z розташовані на мнемосхемі у верхній частині службового модуля.

Генератор системи стандартних сигналів є джерелом синхронних сигналів прямокутної, трикутної, синусоїдальної й косинусоїдальної форм. На рисунку 1.2 представлена загальна фальшпанель електронного комутатора 1 і генератора 2. Сигнали генератора використовуються для формування

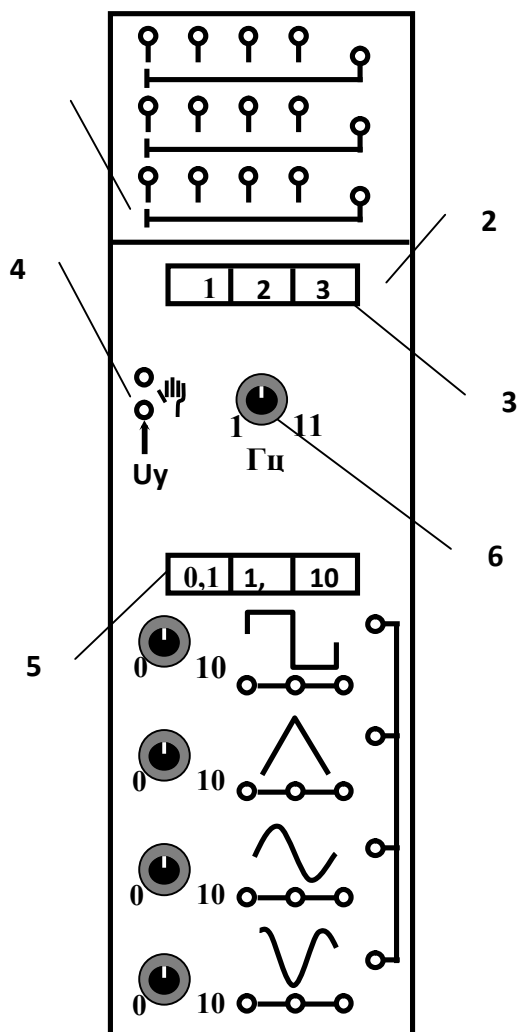


Рисунок 1.2. Фальшпанель модуля електронного коммутатора и генератора

впливів на об'єкт або модель і одночасно для формування зображень на екрані електронно-променевого індикатора, чим досягається стійкість зображень. Вибір режиму досліджень моделей здійснюється за допомогою клавішного перемикача 3: клавіша 1 - безперервне інтегрування, 2 - періодичне інтегрування, 3 - уведення початкових умов. У режимі періодичного інтегрування ГСС управляє роботою інтеграторів.

Амплітуду якого із чотирьох синхронних сигналів можна регулювати незалежно від інших у межах 0–10 В. Діапазон частот від 0,1 до 1100 Гц при регулюванні вручну (включена перемикач 4) розбитий на чотири діапазони 0,1-1,1; 1,0-11; 10-110 і 100 - 1100 ГЦ. Останній виходить при відключеному стані всіх клавіш перемикача діапазонів 5. У кожному з піддіапазонів частоту

коливань можна регулювати плавно ручкою 6.

Електронний комутатор сигналів призначений для спостереження на екрані електронно-променевого індикатора одночасно декількох електричних сигналів – напруг амплітудою до 10 В. Функціонально комутатор аналогією перемикачу на чотири положення й три напрямки, що відбиває мнемосхема його передньої панелі (поз. 1 на рис. 1.2). Комутатор працює на чотири такти, синхронно підключаючи за кожний такт три входи до трьох виходів. Комутація здійснюється або з

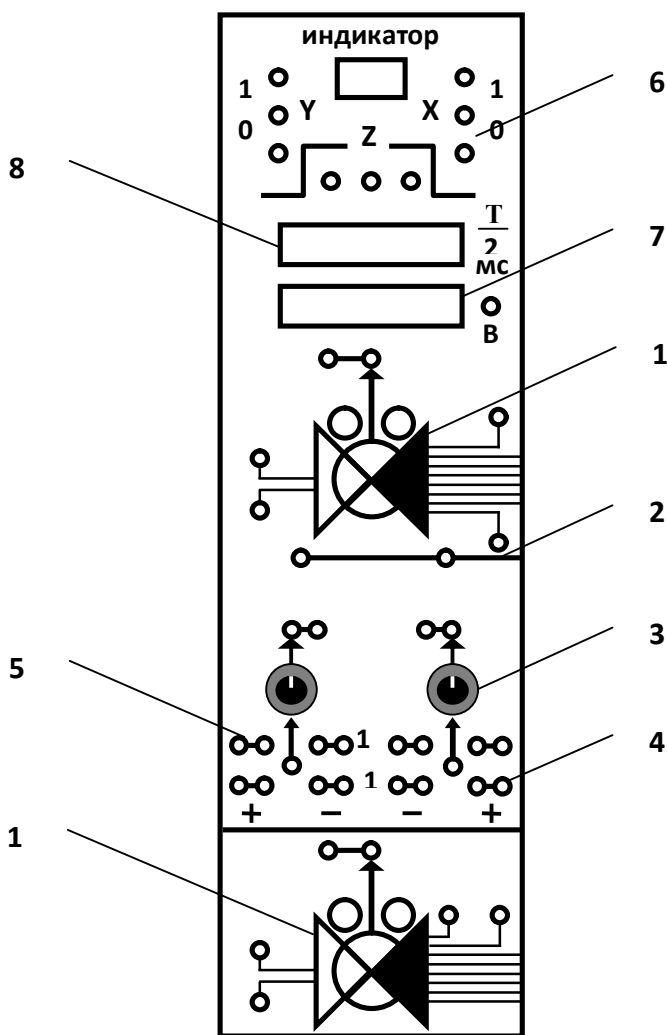


Рисунок 1.3. Фальшпанель службового модуля

фіксованою частотою 45 кГц від внутрішнього генератора або із частотою генератора синхронних сигналів комплексу. Управління роботою комутатора здійснюється від кнопки, що розташована над входними гніздами каналів індикатора. При віджатій кнопці - частота комутації 5 кГц, при натиснутої - із частотою *Развертки*.

Службовий блок призначений для об'єднання всіх частин моделюючої системи в загальну структуру, а також для виконання допоміжних операцій при моделюванні - настроювання й виміру коефіцієнтів моделі, управління індикатором. Передня фальшпанель блоку показана на рис. 1.3. До складу службового блока входять два багатовхідних суматорів 1, два розмножувача сигналів 2, два дільника 3 і джерела еталонних напруг ± 1 В (4) і ± 10 В (5). У блок винесений також пульт управління індикатором і комутатором 6, цифровий вольтметр 7 і цифровий вимірник тривалості сигналів 8.

Багатовхідні суматори призначені для підсумовування сигналів при моделюванні й для виконання допоміжних операцій при вимірах. Кожний суматор має вісім інвертуючих і два неінвертуючих входи. Коефіцієнти підсилення по всіх інвертуючих входах дорівнюють 1. По інвертуючому вході збільшуються по співвідношенню

$$K = 1 + 0,02n,$$

де n – число інвертуючих входів, підключених до джерел сигналів або "заземлень". Суматори мають індикацію виходу з лінійного режиму роботи $+10$ В, виконаної на світлодіодах.

Джерела еталонних напруг ± 1 В и ± 10 В реалізовані на операційних підсилювачах стандартним образом. Дільники (2 шт.) відтворюють вхідний сигнал з коефіцієнтом передачі, регульованим у межах від 0 до 1. Дільники використовуються при настроюванні коефіцієнтів моделей, при формуванні регульованих напруг з постійних еталонних напруг і т.п.

Пульт управління індикатором призначений для управління індикатором АОК-6 . На панель пульта виведені входи підсилювачів нормалізаторів каналів X и Y індикатора, вхід Z призначений для управління яскравістю променя ЕЛТ.

На гнізда праворуч і ліворуч від входу Z подаються протифазні прямокутні імпульси генератора. Установка *перемички* між входом Z і одним із цих гнізд гасить промінь в один з напівперіодів.

Вольтметр призначений для виміру постійних напруг у діапазоні від -19,99 до 19,99 В и індикацій результату виміру в цифровому виді.

Вимірник тривалості призначений для виміру періоду коливань генератора АОК-6, тимчасових інтервалів і фаз сигналів. Результати вимірів *представляються* в цифровому виді. Діапазон вимірів: тривалості – від 0,5 до 5000 мс. При спостереженні на індикаторі комплексу більшості осциллограмм час спостереження становить половину періоду коливань генератора АОК-6. Саме цей час ($T/2$) вимірює вимірник тривалості.

1.1.3. Блок живлення

Блок живлення, що встановлений у правому відсіку корпусу АОК-6 забезпечує всі модулі й пристрої необхідними напругами. Конструктивно він виконаний у вигляді закінченого модуля, який закритий передньою панеллю, на яку виведена кнопка й світловий індикатор вмикання.

1.1.4. Змінні блоки АОК-6

Змінні блоки необхідні для реалізації структурних моделей динамічних систем, що досліджуються. Основний комплект включає:

лінійний блок - 4 шт.;

нелінійний блок - 1 шт.;

блок множення-розподілу - 1 шт.

Функціональний состав цих блоків дозволяє проводити на АОК-6 дослідження широкого кола систем автоматичного управління й динамічних процесів. Всі блоки виконані в єдиному конструктиве, кожний з них може бути встановлений у кожному із шести позицій монтажного поля відповідно до конфігурації конкретної структурної моделі системи, яка досліджується, що робить схему набору подібній до структури, зображеної на аркуші паперу.

Лінійний блок призначений для інтегрування вхідних сигналів - напруг амплітудою до 10В. Загальний вид фальшпанелі показаний на рис. 1.4.

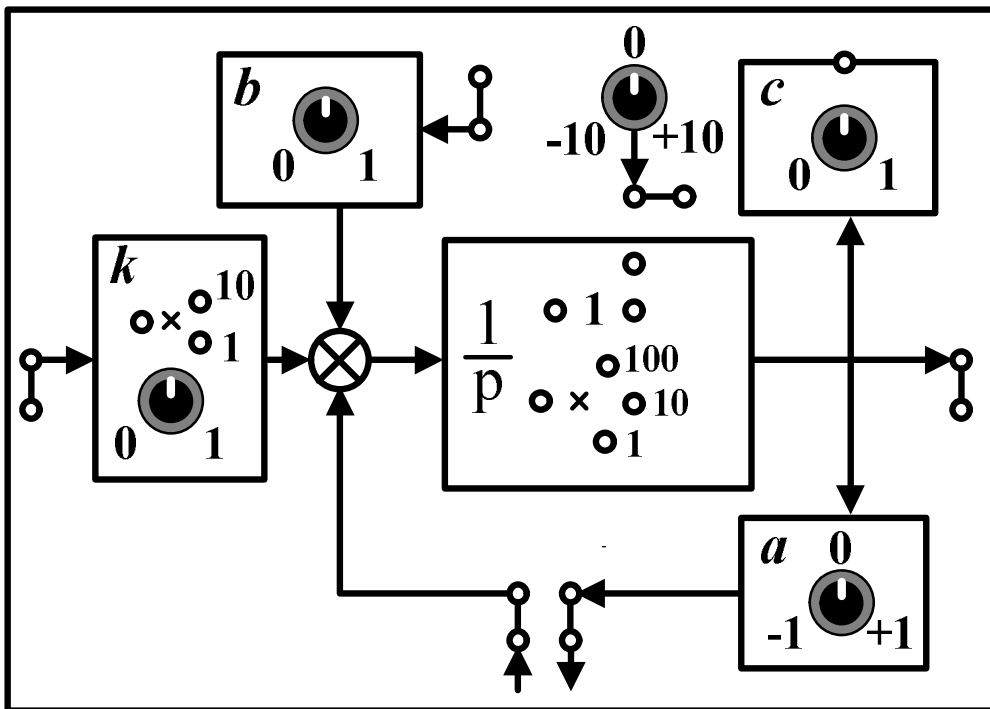


Рисунок 1.4. - Модуль лінійний (інтегратор)

Передбачено три режими роботи блоку; введення початкових умов, безперервне інтегрування та періодичне інтегрування з установкою початкових умов. Діапазон зміни початкових умов – від -10 до $+10$ В, діапазон часу інтегрування – від $0,001$ до 100 с. Коефіцієнт передачі інтегратора (величина, зворотна постійної інтегрування) може бути обраний рівним $1c^{-1}$, $10c^{-1}$, $100c^{-1}$ залежно від положення відповідної перемички. Діапазон зміни коефіцієнтів a й c – від -1 до $+1$, коефіцієнта b – від 0 до 1 , коефіцієнта k – від 0 до 1 або від 0 до 10 . Інтегрування не супроводжується інверсією вихідного сигналу інтегратора.

Блок містить світловий індикатор виходу перетворювачів з лінійного діапазону роботи.

Нелінійний блок призначений для моделювання нелінійних функцій однієї змінної – *однозначних монотонних і немонотонних, багатозначних і*

петлевые. До складу блоку входять трьохвхідний суматор з регулюючими коефіцієнтами передачі a й b по двох входах, підсилювач k і нелінійний перетворювач (НП). Вид фальшпанелі блоку показаний на рис. 1.5.

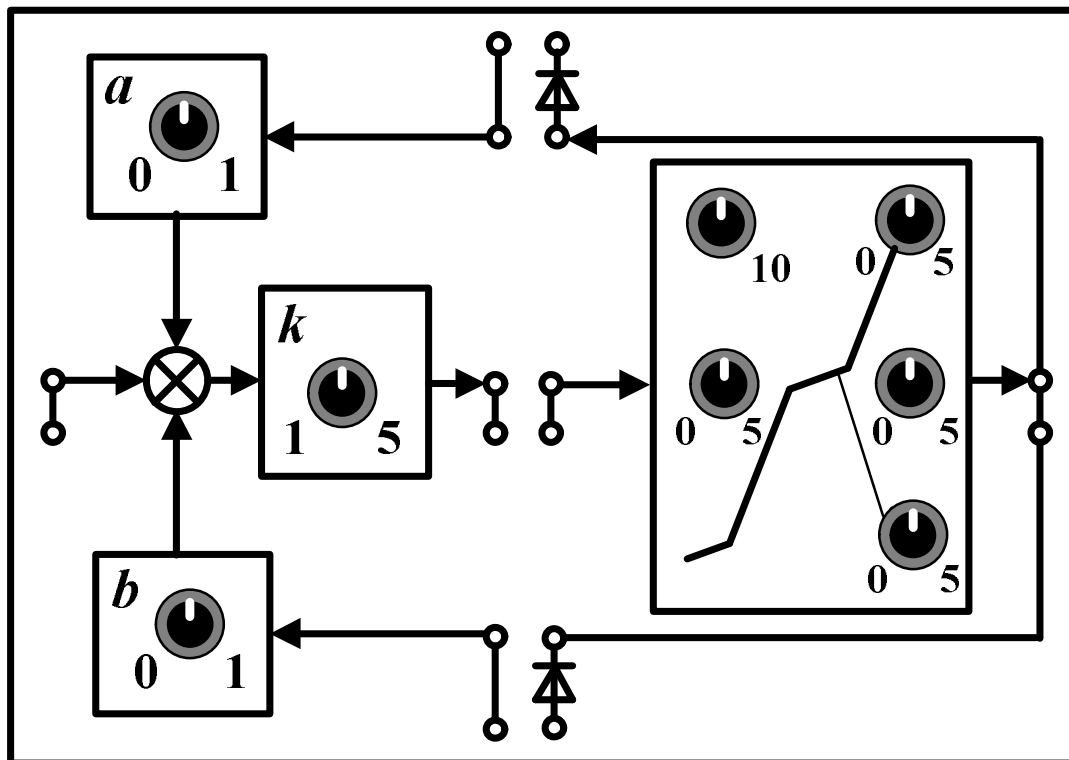


Рисунок 1.5 - Модуль нелінійний

Коефіцієнти передачі a й b регулюються відповідними потенціометрами в діапазоні від 0 до 1. Загальний коефіцієнт k – від 1 до 5. Нелінійний перетворювач забезпечує формування симетричною нелінійною характеристикою універсального типу. Загальний вид нелінійності з максимальним числом *зламів докладно* показаний на фальшпанелі блоку. Відповідними потенціометрами можна регулювати нахил і ширину окремих ділянок статичної характеристики відповідно до завдання моделювання.

Блок множення - розподілу використовують при моделюванні на АОК-6 систем зі змінними параметрами, оптимальних систем, *поверхонь* у тривимірному просторі, алгоритмів обробки сигналів.

Функціональний склад блоку показаний на рис. 1.6. У блоці об'єднані: чотири пасивних дільника сигналів a , b , c , d ; перетворювач множення-розподіл,

що дозволяє виконувати або перемножування, або формування модуля вхідного сигналу; два суматори, кожен з яких має два *неінвертуючих* входи й один що інвертує; перетворювач розподіл, що забезпечує розподіл одного аналогового сигналу на інший у всіх чотирьох квадрантах, і перетворювач "множення", що забезпечує перемножування двох аналогових сигналів. Діапазон зміни коефіцієнтів дільників a , b , c , d – від 0 до 1. Масштабний коефіцієнт перетворювача "множення" дорівнює 0,1, а перетворювача "розподіл" -10.

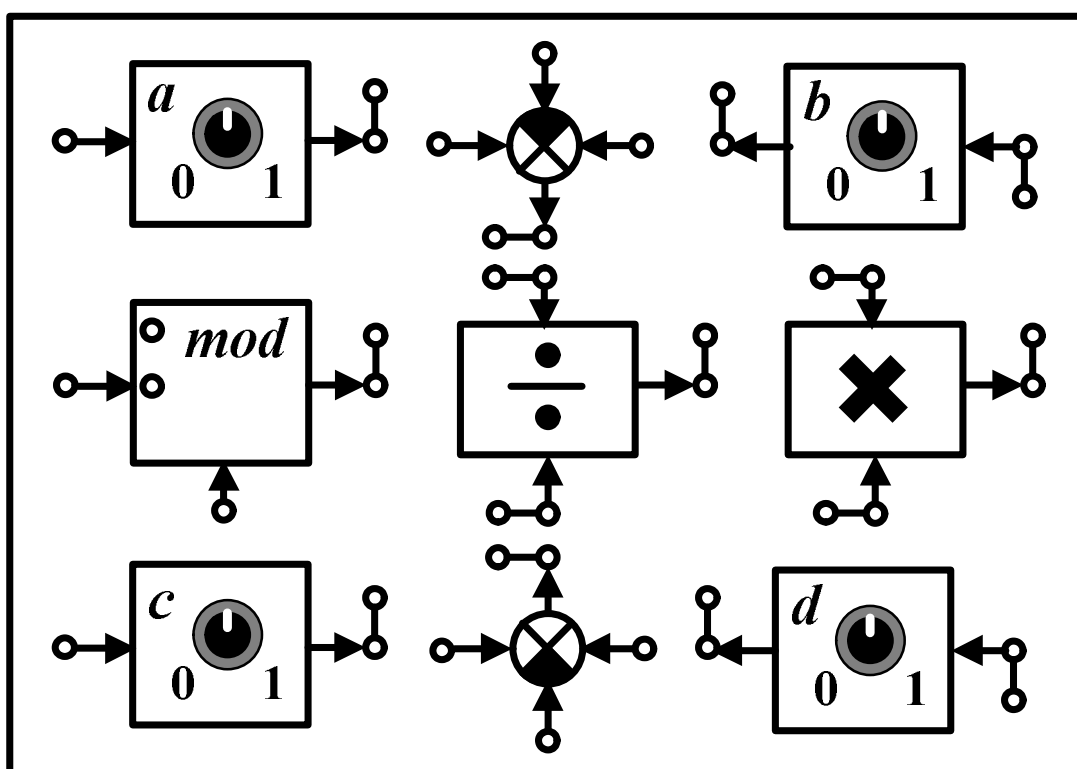


Рисунок 1.6. Модуль множення-розподілу

Організація блоку, взаємне розташування функціональних перетворювачів, їх вхідних і вихідних гнізд на передній панелі забезпечують зручний набір функціональних залежностей, що найбільше часто зустрічаються в структурних моделях систем автоматичного управління.

1.2. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Знайомство з аналоговим комп'ютером АОК-6 почати з його зовнішнього огляду. Необхідно знайти електронно-променеви́й індикатор і блок управління індикатором у верхній частині службового модуля із гніздами для сигналів відхилення X , Y і гасіння променя Z ; генератор системи сигналів з комутатором і перемикачем режимів роботи; монтажне поле зі змінними блоками. Для підготовки комп'ютера до роботи треба переконатися, що вилка живлення підключена до розетки 220В, 50-60 Гц, підняти в зручне положення індикатор і нажати кнопку включення, розташовану у верхній частині відсіку блоку живлення. Індикатор поруч із кнопкою сигналізує, що прилад включений. Після прогріву накалу ЕЛТ у центрі екрана з'являється крапка, що світиться - прилад готовий до роботи. Щоб уберегти трубку від вигорання люмінофора в центрі екрана, на вхід X , 10 варто подати від генератора безперервний сигнал, наприклад, трикутний - промінь починає рухатися по горизонталі. Перемикач автозапуску генератора повинна бути включена.

2. Досліджувати систему синхронних сигналів генератора комплексу. Для чого на вхід індикатора Y , 10 треба подавати сигнали з інших виходів генератора й, регулюючи амплітуду, розглянути рух променя по екрані. З'єднуючи перемичкою гніздо Z із гніздами $\lceil Y \rceil$, розібратися із принципом гасіння променя. Збільшивши частоту генератора, одержати стійкі нерухливі осцилограми й замалювати їх при роботі індикатора в режимі гасіння зворотного ходу променя.

3. Досліджувати можливості електронного комутатора АОК-6. Для цього вхід Y , 5 індикатора з'єднати з виходом одного з каналів комутатора, а досліджувані сигнали подають на входи 1 - 4 цього каналу. Пом'ятайте, що при віджатій кнопці на фальшпанелі індикатора службового блока, комутатор працює із частотою 5 кГц від вбудованого генератора, а при натиснутій перемикається позитивними перепадами прямокутних імпульсів АОК-6.

Рекомендується послідовно зібрати схеми, представлені на рисунку 1.7, а, б, в. Регулюючи амплітуду й частоту сигналів, одержати їхні стійкі зображення на індикаторі й замалювати осциллограми. Зображення одержати для випадку, коли перемичка гасіння променя відсутня.

Перша схема (Рисунок 1.7,а) показує можливості комутатора за спостереженням декількох процесів.

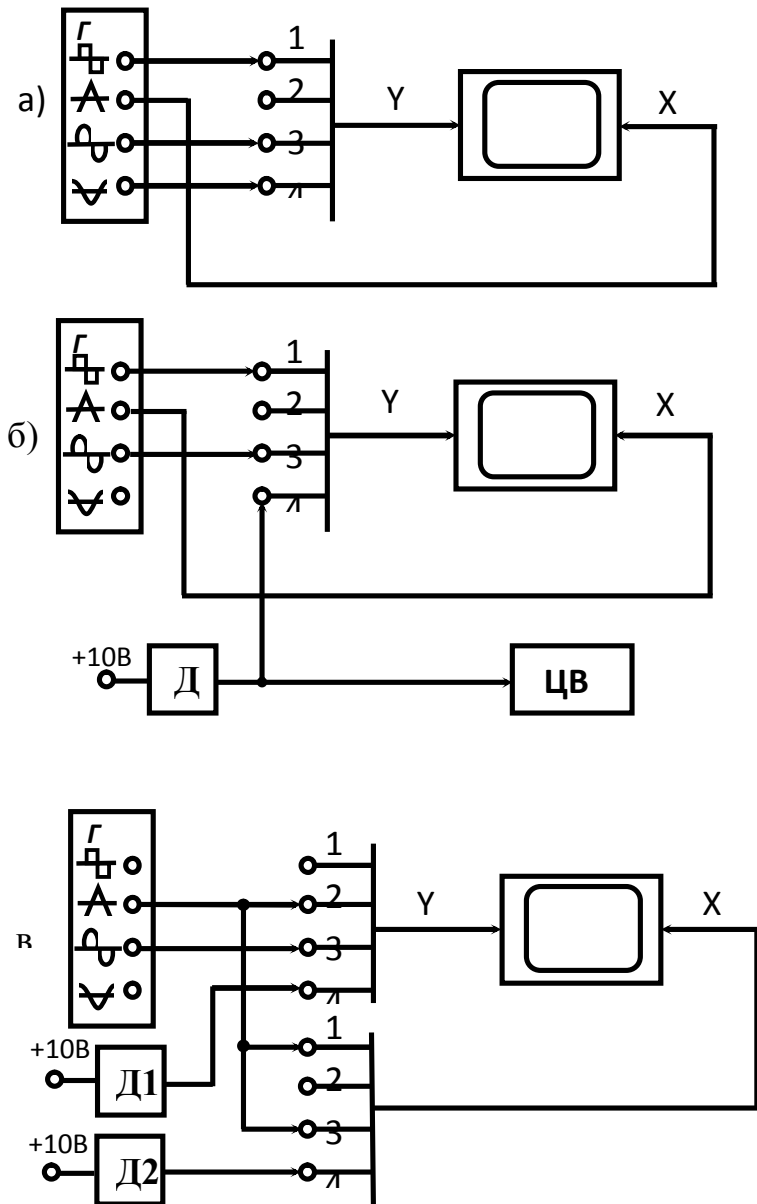


Рисунок 1.7. Применение коммутатора сигналів

У випадку, представлено на рисунку 1.7,б, такт 4 комутатора використаний для формування вимірювальної лінійки. Вихід еталонного джерела +10В підключений до входу ділянка Д, за допомогою якого можна переміщати по вертикалі горизонтальний відрізок, наприклад, до сполучення його з верхівкою синусоїди. Постійна напруга одночасно подається на вхід цифрового вольтметра ЦВ і в такий спосіб можна виміряти амплітуду синусоїди або прямокутного імпульсу.

Схема на рисунку 1.7, в, показує, як за допомогою двох каналів комутатора сформувати на екрані зображення осей координат при спостереженні як приклад синусоїдального сигналу. Крім того, схема дозволяє

сформуванати контрольну крапку, яку можна переміщати по вертикалі й горизонталі за допомогою дільників до сполучення із крапкою будь-якого досліджуваного процесу, що цікавить Вас. Обмірювана напруга дільників за допомогою ЦВ дає координати контрольної крапки.

4. Досліджувати основні можливості змінного блоку "інтегратор". Для чого зібрати схему, представлену на рисунку 1.8.

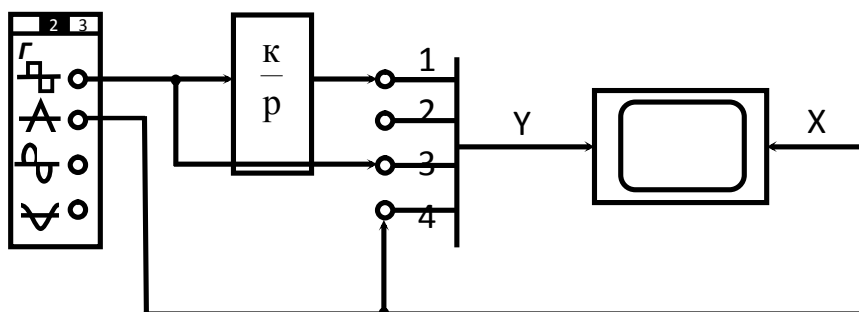


Рисунок 1.8. Дослідження блоку "інтегратор"

Крім блоку "інтегратор" у схемі використовується й комутатор. На вхід інтегратора подаються прямокутні імпульси, розгорнення здійснюється трикутним сигналом. У першому такті на екрані відображається вихідний сигнал інтегратора, у другому - горизонтальна лінійка, у третьому - сигнал на вході інтегратора. Дослідження необхідно проводити в режимі періодичного інтегрування - натиснута клавіша 2 перемикачі режимів. При цьому в теченні позитивної напівхвилі прямокутних імпульсів відбувається інтегрування, під час другого напівперіоду - уведення початкових умов.

Інтегратор перетворить вхідний сигнал $x(t)$ у вихідний $y(t)$ відповідно до співвідношення $y(t) = y_0 + \int_0^t X(\tau) d\tau$. Якщо $x(t) = k U_m 1(t)$, то

$y(t) = y_0 + \int_0^t k U_m d\tau = y_0 + k U_m t$. На екрані повинен з'явитися похилий відрізок.

При $y = 0$ (відсутня перемичка) і $t(0) = 0$ він починається на початку координат, а нахил залежить від амплітуди вхідної сходинок U_m , коефіцієнта k і швидкості розгорнення по горизонталі. Наприкінці такту інтегрування при

$t = T/2$, де T – період коливань генератора АОК–6, $y(t) = k U T/2$. При дослідженнях має сенс швидкість інтегрування встановити максимальну (у блоці 1/р масштаб $K_u = 100$). Установити $U = 10V$ й, змінюючи по черзі k і T (по 3–4 значення), замалювати осцилограми з екрана *ЭИ*.

Установивши перемичку між вихідним гніздом і потенціометром у блоці 1/р, можна варіювати початкову умову $y_0 = y(0)$. Ознайомтеся з однією з методик визначення коефіцієнта k . Сформувавши четвертому такті комутатора графік $y = x$, можна використовувати його для виміру значень коефіцієнта k . За допомогою потенціометра початкових умов сполучають початок осцилограми $y(t)$ з лівим кінцем відрізка $y = x$, а потім сполучають два ці відрізка, варіюючи частоту генератора. Якщо амплітуди трикутників і вихідної сходинки становлять 10В, то $k = 10/t$, де $t = T/2$ – показання вимірника тривалості, мс. Розрахувати значення k для останніх умов досліджень.

Освоївшись із інтегруванням східчастого впливу зробити інтегрування синусоїдального і косинусоїдального сигналів, замалювати осцилограми й підтвердити результати аналітичними розрахунками.

5. Дослідити можливості нелінійного блоку по формуванню найпростіших нелінійних характеристик. Для цього зібрати схему, представлену на рисунку 1.9,а. Схема на рис.1.9,б пояснює більш докладно настроювання "нелінійного" блоку. Його динамічні характеристики в діапазоні частот генератора АОК-6 наближені до "*безынерционной нелінійності*" і тому вибором частоти на екрані індикатора можна доручити стаціонарний графік статичної характеристики.

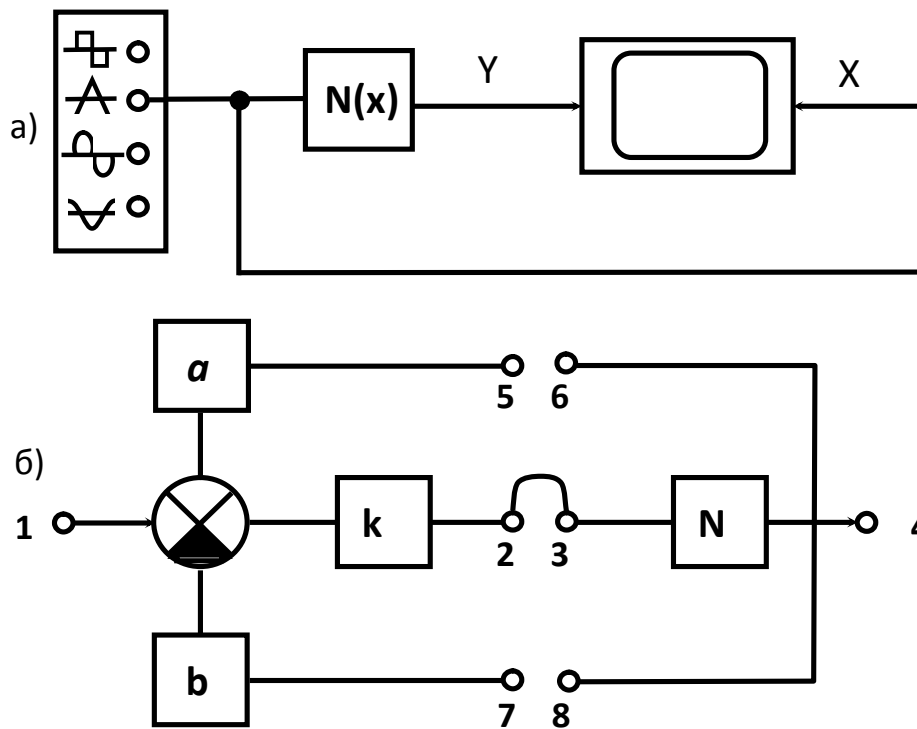


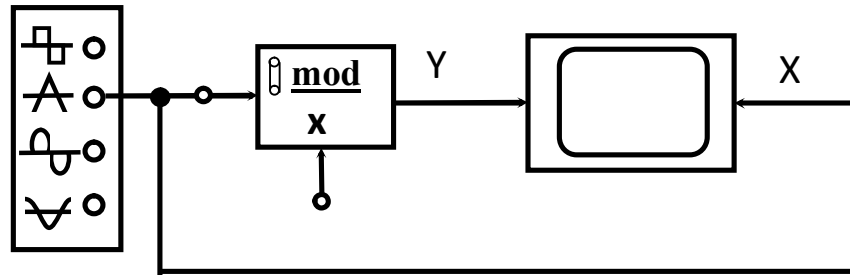
Рисунок 1.9. Дослідження нелінійного блоку

Сигнал $x(t)$ подають на вхід 1, перемичкою з'єднують вихід 2 підсилювачі "к" із входом 3 нелінійності N , сигнал $y(t) = N[x(t)]$ знімають із виходу 4. Перемички між парами гнізд 5-8 не включати. Варто розібратися по мнемосхемі блоку в призначенні ручок і, спостерігаючи характеристику на екрані індикатора, вивчити, як впливає кожна з них на форму графіка. Замалювати осцилограми двох-трьох статичних характеристик.

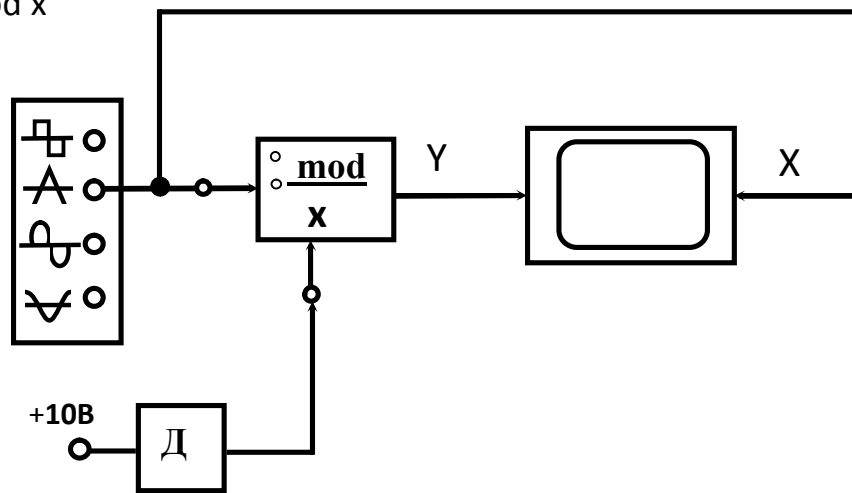
6. Перевірити працездатність блоків "множення-розподіл". Для цього доцільно послідовно зібрати схеми, представлені на рисунках 1.10,а, б, в. Схема 1.10,а реалізує перетворювач $y = |x|$. У блоці "множення-розподіл" при цьому треба встановити перемичку на мнемонічному зображенні mod/x . Замалювати осцилограму.

Щоб досліджувати блок як перемножник треба забрати перемичку й зібрати схему по рисунку 1.10,б. Один із вхідних сигналів (наприклад x_2) зручно сформулювати за допомогою еталонного джерела й дільника. Перетворювач реалізує функцію $y = kx$, де $k = x_2$. Спостерігати й замалювати

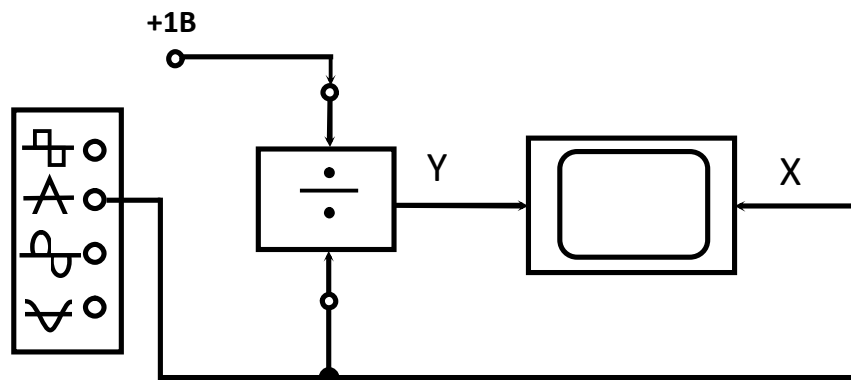
осцилограми при варіаціях коефіцієнта передачі дільника. Якщо вхідний сигнал одночасно подати на обидва входи перемножника (перемичка відсутня), то вийде перетворювач $y = x$. Спостерігати й замалювати отриману осцилограму.



а) $y = \text{mod } x$



б) $y = kx$



в) $y = 1/x$

Рисунок 1.10. Використання блоку "множення – розподіл"

Для ознайомлення з "дільником" (рис 1.10,в) ділене $x_1(t)$ зручно сформувати за допомогою еталонного джерела +1В, а як знаменник $x_2(t)$ –

безперервний лінійний сигнал з генератора. Спостерігати й замалювати осцилограми.

Якщо розвертати зображення по горизонталі трикутним сигналом, а на входи "перемножника" подати синусоїду або косинусоїду, то легко одержати перетворювачі $y = \sin^2 x$ або $y = \cos^2 x$ відповідно. Також просто виходить перетворювач виду $y = \sin x \cos x$. За допомогою "дільника" легко одержати перетворювачі $y = 1/\sin x = \sec x$, $y = \cos x/\sin x = \operatorname{ctg} x$ і $y = 1/\cos x = \operatorname{cosec} x$. Одержати ці осцилограми й замалювати їх.

1.3.ЗМІСТ ЗВІТУ

У звіті про лабораторну роботу повинні бути представлені:

1. Короткий опис методик дослідження з кожного з пунктів 2-7.
2. Повні схеми моделювання й досліджень.
3. Осцилограми отриманих графіків із вказівкою масштабів по осях координат.
4. Необхідні розрахунки.
5. Виводи по роботі.

ПРИМІТКА: Поле осцилограм, що представляються у звіті, повинне має розміри не менш, ніж 80x80мм.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

ВИЗНАЧЕННЯ ТИМЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК ЛІНІЙНИХ СТАЦІОНАРНИХ САУ.

ЦІЛЬ РОБОТИ - експериментальне одержання й дослідження тимчасових характеристик типових ланок лінійних стаціонарних САУ.

2.1. КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

До тимчасових характеристик систем (ланки) відносяться перехідна функція й імпульсна перехідна (вагова) функція.

Перехідною функцією $h(t)$ називають реакцію (відгук) системи (ланки) на вхідний вплив у вигляді одиничної східчастої функції $1(t)$.

Імпульсною перехідною функцією $w(t)$ називають реакцію (відгук) системи (ланки) на вхідний вплив у вигляді ідеального імпульсу (δ – функції).

Кожна з тимчасових характеристик містить вичерпні відомості про динаміку системи (ланки), тобто на її підставі може бути складений математичний опис системи (ланки) у вигляді диференціального рівняння, або передатної функції.

Зв'язок між тимчасовими характеристиками й передатною функцією $W(p)$ визначається наступними співвідношеннями:

$$\frac{W(p)}{p} = L\{h(t)\}; \quad h(t) = L^{-1}\{W(p)/p\};$$

$$W(p) = L\{w(t)\}; \quad w(p) = L^{-1}\{W(p)\},$$

де символ L означає пряме перетворення Лапласа від тимчасової характеристики; L^{-1} – зворотне перетворення Лапласа.

У даній роботі дослідження обмежуються експериментальним визначенням перехідної функції $h(t)$ деяких ланок, які розглядаються як моделі реальних ланок, що входять до складу системи.

Експериментальні дослідження полягають у наступному. На вхід ланки подається сигнал у вигляді одиничної східчастої функції. У лабораторному стенді в якості одиничної східчастої функції використовується прямокутний імпульс за один період сигналу виду "меандр" від убудованого в стенд генератора.

На виході ланки реєструється реакція останнього на вхідний вплив. За графіком перехідної функції розраховуються необхідні коефіцієнти передатної функції.

2.1.1. АПЕРІОДИЧНА ЛАНКА

Передатна функція аперіодичної ланки

$$W(p) = \frac{k}{Tp + 1} \quad (2.1)$$

де k і T – відповідно коефіцієнт передачі й постійна часу ланки. Його диференціальне рівняння

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx(t) \quad (2.2)$$

Електричним аналогом аперіодичної ланки є RC - ланцюжок, представлена на рис. 2.1, а.

Перехідна функція ланки визначається з його диференціального рівняння (2.2) при $x(t) = 1(t)$

$$h(t) = k \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \quad \text{при } t > 0, \quad (2.3)$$

т.е. перехідна, функція являє собою експоненту виду рис. 2.2,а.

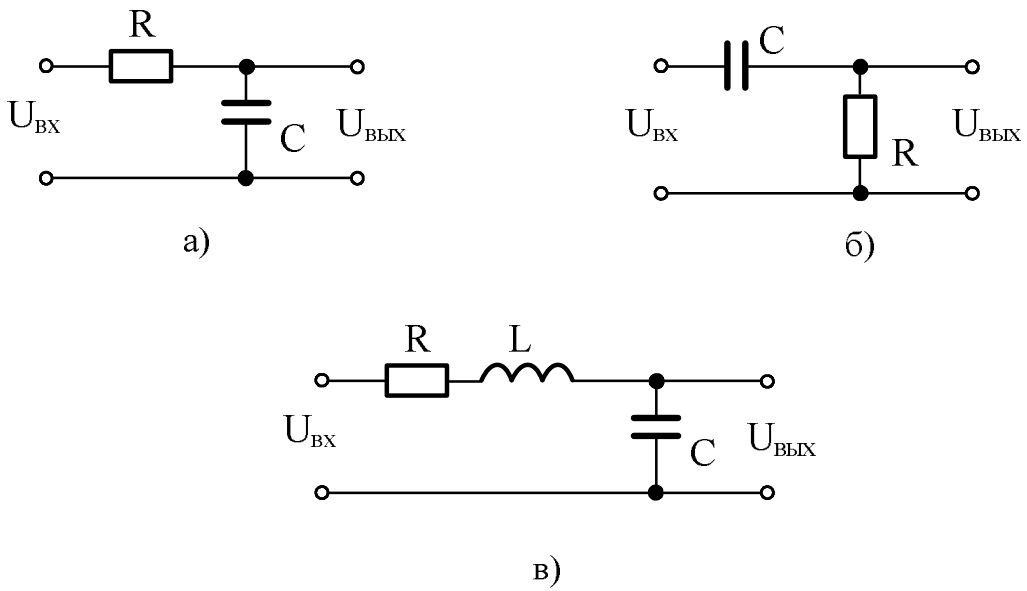


Рисунок 2.1. Електричні аналоги типових динамічних ланок

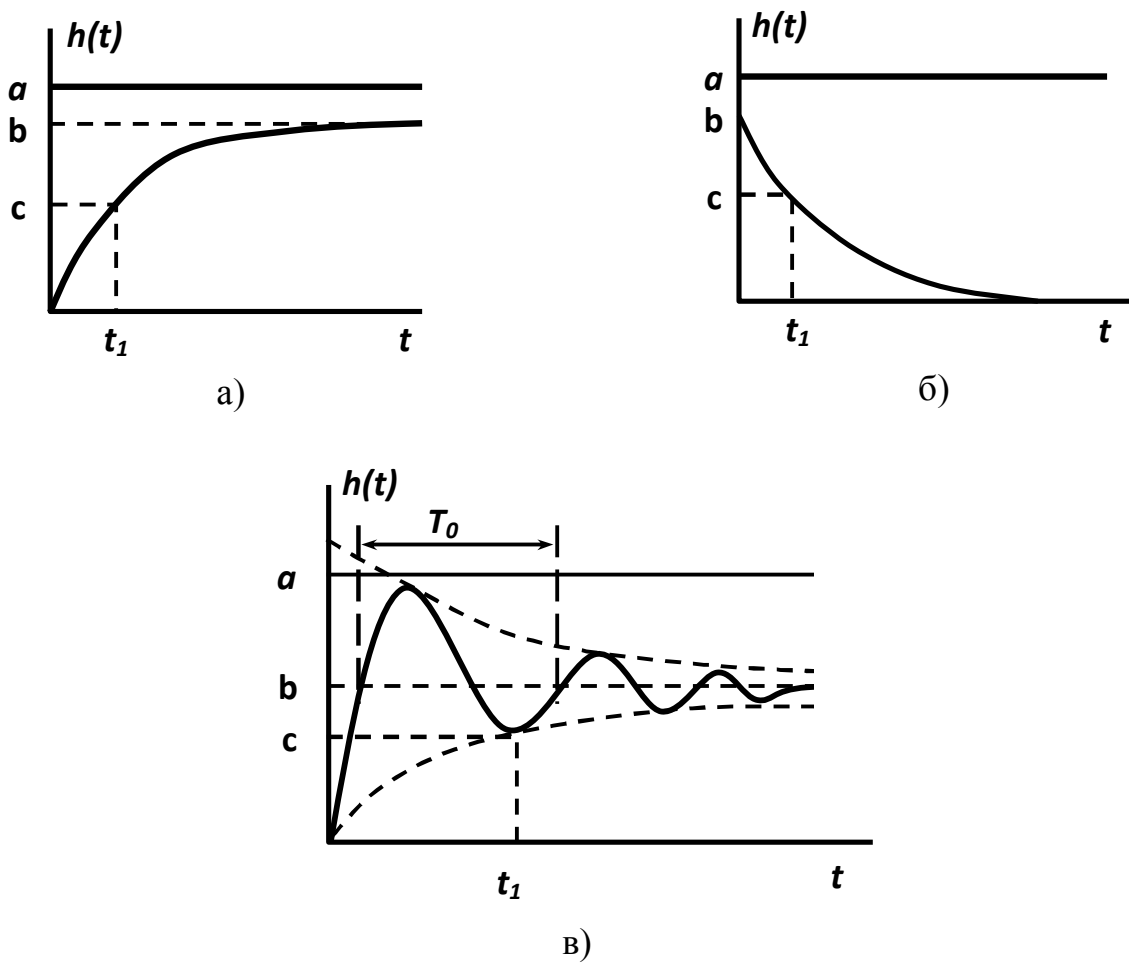


Рисунок 2.2. Перехідні характеристики динамічних ланок

Властивості експоненти дозволяють легко знаходити постійну часу й коефіцієнт передач ланки.

При $x(t) = a \cdot 1(t)$ й $y(t \rightarrow \infty) = b$

$$k = \frac{b}{a}. \quad (2.4)$$

При $t = 0$ $y(0) = 0$.

Знаючи значення $t = t_1$ й $y(t_1) = c$, визначаємо T

$$c = k \left(1 - e^{-\frac{t_1}{T}} \right) a \Rightarrow T = t_1 / \ln\left(\frac{b}{b-c}\right) \quad (2.5)$$

2.1.2. РЕАЛЬНА ЛАНКА, ЩО ДИФЕРЕНЦІЮЄ.

Передатна функція реального ланки, що диференціює

$$W(p) = \frac{T_1 p}{T_2 p + 1}, \quad (2.6)$$

де T_1 й T_2 - постійні часу ланки.

Його диференціальне рівняння

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k \frac{dx(t)}{dt}. \quad (2.7)$$

Електричним аналогом реального ланки, що диференціює, є RC - ланцюжок, представлена на рис. 2.1,б.

Перехідна функція ланки визначається з його диференціального рівняння (2.7) при $x(t) = 1(t)$

$$h(t) = \frac{T_1}{T_2} e^{-\frac{t}{T_2}} \text{ при } t > 0, \quad (2.8)$$

тобто перехідна функція являє собою експоненту виду рис. 2.2,б.

При $x(t) = a \cdot 1(t)$ й $t \rightarrow +0$

$$y(t \rightarrow +0) = T_1 / T_2 = b.$$

У момент часу t_1

$$y(t_1) = c = be^{\frac{-t_1}{T_2}} \Rightarrow T_2 = t_1 / \ln \frac{b}{c}; \quad (2.9)$$

$$T_1 = b \cdot T_2. \quad (2.10)$$

2.1.3 КОЛИВАЛЬНА ЛАНКА

Передатна функція коливальної ланки

$$W(p) = \frac{k}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1}, \quad (2.11)$$

де k – коефіцієнт передачі, T – постійна часу, ξ – декремент загасання ($0 < \xi < 1$).

Його диференціальне рівняння

$$T^2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2\xi T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx(t) \quad (2.12)$$

Електричним аналогом коливальної ланки є **RLC** – ланцюжок, представлена на рис. 2.1, в.

Перехідна функція ланки

$$h(t) = k \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1-\xi^2}} e^{-\alpha t} \sin(\omega_0 t + \varphi) \right) \quad \text{при } t > 0 \quad (2.13)$$

де α – ступінь стійкості, ω_0 – частота власних коливань, φ – фазове зрушення.

Вид графіка перехідної функції представлений на рис. 2.2, в.

Параметри T , ξ , φ , α , ω_0 зв'язані між собою залежностями й повністю визначаються будь-якою парою величин, наприклад, α і ω_0 :

$$\xi = \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 + \omega_0^2}}; \quad T = \frac{1}{\sqrt{\alpha^2 + \omega_0^2}}; \quad \varphi = \arctg \frac{\omega_0}{\alpha}. \quad (2.14)$$

Величини α і ω_0 легко знайти за графіком перехідної функції. Так, наприклад, α являє собою величину, зворотну постійної часу T_E експоненти, що обгинає загасаючі коливання, а параметр ω_0 – кругову частоту цих коливань:

$$\alpha = \frac{1}{T_E}; \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} \quad (2.15)$$

2.2. МОДЕЛЮВАННЯ ТИПОВИХ ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК НА АОК-6

На рис. 2.3,а представлена схема моделювання аперіодичної ланки, реалізована на одному змінному блоці "інтегратор" І1 і додатковому дільнику a_0 . Коефіцієнт передачі k і постійна часу T у передатній функції (2.1) пов'язані з коефіцієнтами моделі наступними формулами:

$$k = -\frac{a_0}{a_1}; \quad T = -\frac{T_{I1}}{a_1}. \quad (2.16)$$

Моделювання реальної ланки, що диференціює, виконується з використанням одного змінного блоку "інтегратор" І1, додаткових a_0 дільника й суматора за схемою рис. 2.3, б. Постійні часу T_1 й T_2 у передатній функції (2.6) пов'язані з коефіцієнтами моделі

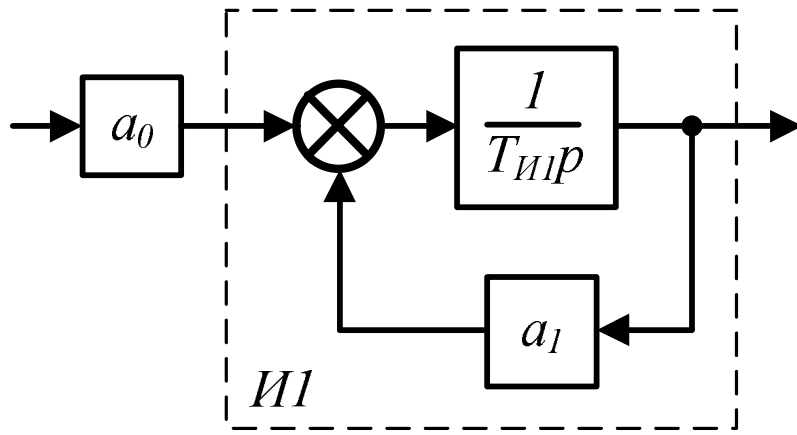
$$T_1 = -\frac{a_0 T_{I1}}{a_1}; \quad T_2 = -\frac{T_{I1}}{a_1} \quad (2.17)$$

Колівальна ланка, відповідно до передатної функції (2.11), моделюється з використанням двох змінних блоків "інтегратор" І1, І2, і додаткових дільника a_0 й суматора за схемою рис. 2.3, в, де

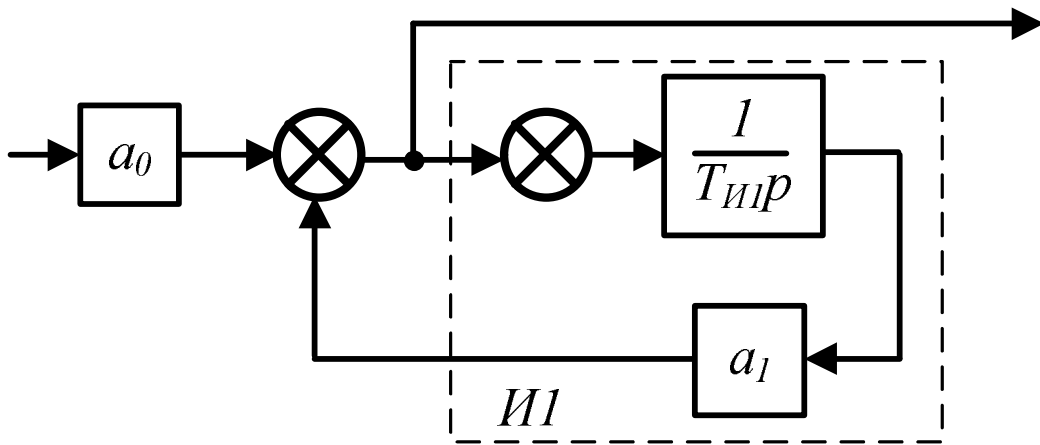
$$k = a_0; \quad T^2 = \frac{T_{I1} T_{I2}}{k_2}; \quad 2T\xi = \frac{a_1 T_{I2}}{k_2}; \quad (2.18)$$

або

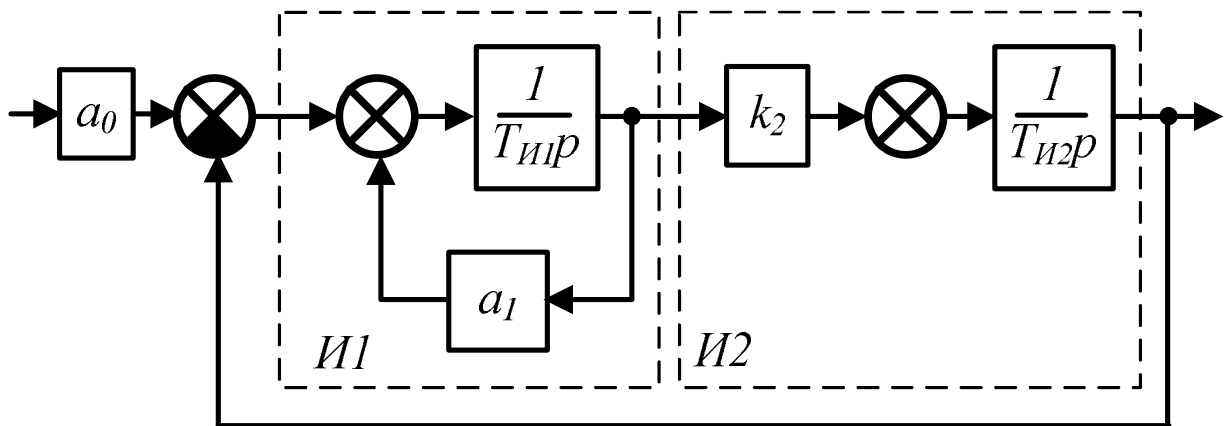
$$T = \sqrt{\frac{T_{I1} T_{I2}}{k_2}}; \quad \xi = -\frac{a_1}{2} \sqrt{\frac{T_{I2}}{T_{I1} k_2}}. \quad (2.19)$$



а)



б)



в)

Рисунок 2.3. Схеми моделювання динамічних ланок

2.3 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати схему одержання перехідних функцій ланок згідно рис. 2.4. Як модель досліджуваної ланки (блок $W(p)$) зібрати схему моделювання аперіодичної ланки (рис. 2.3, а).

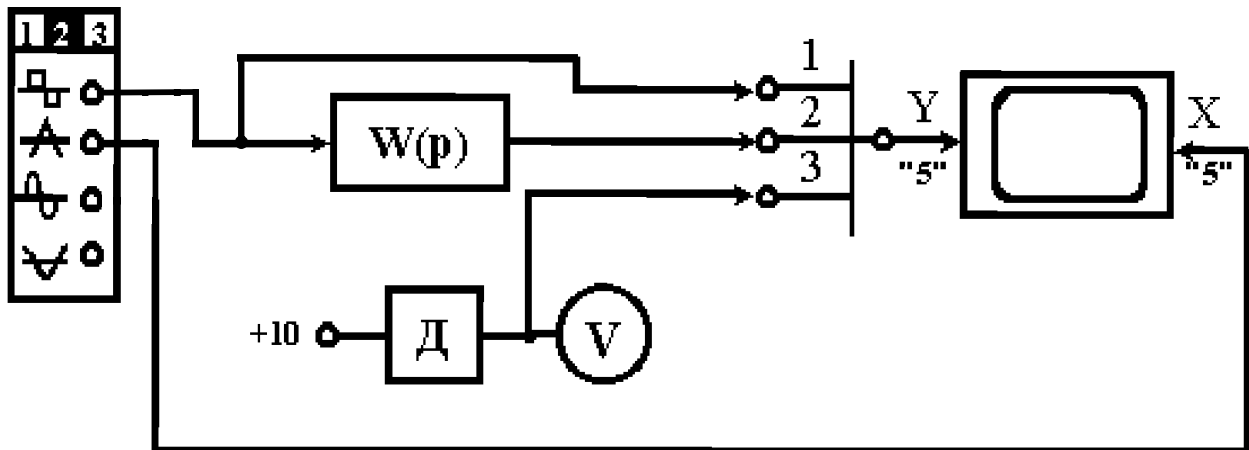


Рисунок 2.4. Схема получения временных характеристик динамических звеньев

2. Установити перемичку управління яскравості променя електронного індикатора в положення по передньому фронту. Включити другий режим роботи АОК-6.

3. Після перевірки викладачем набраної схеми включити АОК-6 кнопкою "МЕРЕЖА". Установити амплітуду розгорнення рівної чотирьом розподілам розмітки електронного індикатора, амплітуду прямокутних сигналів - рівної двом розподілам.

4. Установити коефіцієнти $a_1 = -0,5$ й $a_0 = 0,4$.

5. Використовуючи дільник напруги Д (рис. 2.4), показання вольтметра й вимірника тривалості, зробити виміри необхідних параметрів осцилограми й занести результати в табл.2.1. Зняти графік перехідної характеристики.

6. Зібрати схему моделювання реального ланки, що диференціює (рис. 2.3,б) і підключити до схеми (рис. 2.4). Не змінюючи положення регуляторів a_1 і a_0 повторити п. 5.

Таблиця 2.1

Ланка	a , в	b , в	t_1 , мс	c , в	T_0 , мс
1					—
2					—
3					

7. Зібрати схему моделювання коливальної ланки (рис. 2.3, в) і підключити до схеми ($k_2 = 1$). Не змінюючи положення регуляторів a_1 і a_0 повторити п. 5.

8. Використовуючи формули (2.4), (2.5), (2.9), (2.10), (2.14), (2.15) і результати експерименту (табл. 2.1), визначити експериментальні значення параметрів передатних функцій ланок.

9. Використовуючи формули (2.16), (2.17), (2.19) і значення коефіцієнтів a_1 і a_0 , визначити теоретичні значення параметрів передатних функцій ланок.

10. Зробити висновки за результатами досліджень: зіставити експериментальні дані з результатами розрахунків, оцінити похибки.

2.4. ЗМІСТ ЗВІТУ

- 1.Короткий опис завдання й методу дослідження.
- 2.Схеми моделювання ланок і схема одержання тимчасових характеристик.
- 3.Графіки перехідних функцій із вказівкою масштабів.
- 4.Передатні функції досліджених ланок.
- 5.Експериментальні й теоретичні значення параметрів передатних функцій, необхідні розрахунки.
- 6.Висновки по роботі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТИПОВИХ ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК

ЦІЛЬ РОБОТИ - експериментальне й теоретичне визначення частотних характеристик типових динамічних ланок.

3.1. КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

Частотні характеристики систем (ланок) містять у собі повну інформацію про динамічні властивості так само, як і диференціальні рівняння й передатні функції, якими вони описуються.

Частотні характеристики впливають із комплексного коефіцієнта підсилення $W(j\omega)$ системи (ланки), що може бути представлений у вигляді:

$$W(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)} = P(\omega) + jQ(\omega) \quad (3.1)$$

де $A(\omega) = |W(j\omega)|$ – модуль комплексного коефіцієнта підсилення;

$\varphi(\omega)$ – аргумент комплексного коефіцієнта підсилення;

$P(\omega)$ і $Q(\omega)$ – дійсна й мніма частини комплексного коефіцієнта підсилення відповідно.

Зміна модуля й аргументу комплексного коефіцієнта підсилення у функції частоти ω , представлена у вигляді годографа на комплексній площині, називають амплітудно-фазовою характеристикою (рис. 3.1).

Модуль $A(\omega)$ і аргумент $\varphi(\omega)$ комплексного коефіцієнта підсилення як функції частоти являють собою дві частотні характеристики – амплітудно-частотна й фазо-частотная.

Дійсна $P(\omega)$ і мніма $Q(\omega)$ частини комплексного коефіцієнта підсилення являють собою дійсну й мніму частотні характеристики.

Кожна із цих характеристик може бути визначена через інші частотні

характеристики

$$\begin{aligned}
 A(\omega) &= \sqrt{P^2(\omega) + Q^2(\omega)}; \\
 \varphi(\omega) &= \arctg \frac{Q(\omega)}{P(\omega)}; \\
 P(\omega) &= A(\omega) \cos \varphi(\omega); \\
 Q(\omega) &= A(\omega) \sin \varphi(\omega).
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

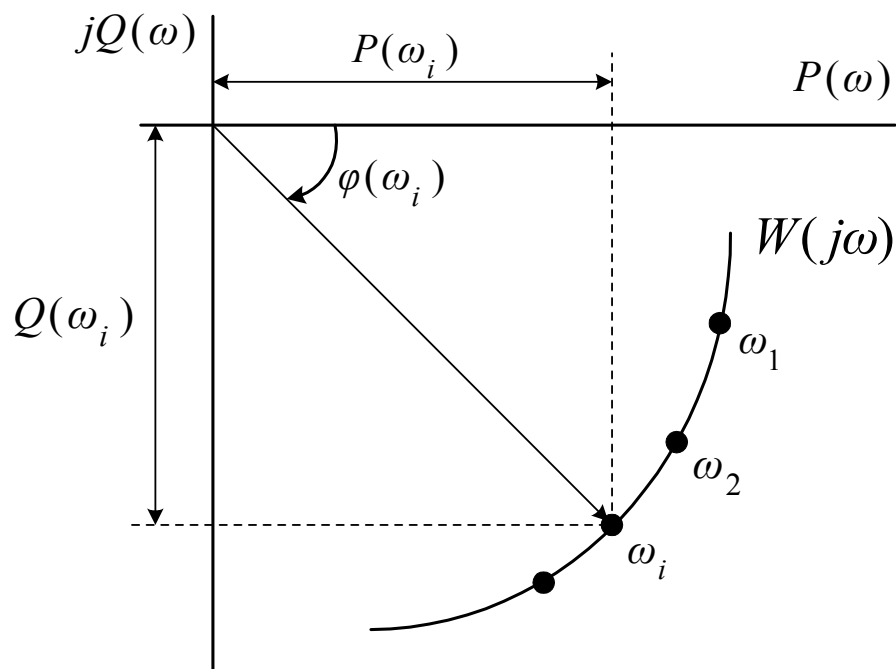


Рисунок 3.1. Фрагмент амплитудно-фазової частотної характеристики.

Однією з переваг застосування частотних характеристик є можливість їхнього експериментального одержання. Експеримент полягає в наступному. На вхід системи (ланки) подається синусоїдальний сигнал певної частоти ω (рис. 3.2):

$$x(t) = X_m \sin \omega t .$$

Через якийсь час, необхідне для протікання перехідного процесу (рис.3.2), елемент увійде в режим сталих змущених коливань. При цьому вихідна величина $y(t)$ буде змінюватися за гармонійним законом з тією же частотою ω , але з амплітудою, що відрізняється, Y_m і зі зсувом Δt_φ по осі часу

(рис. 3.2):

$$y(t) = Y_m \sin(\omega t + \varphi),$$

$$\varphi = (\Delta t_\varphi / T) \cdot 360$$

φ - фазове зрушення між вхідним і вихідним сигналами, градус.

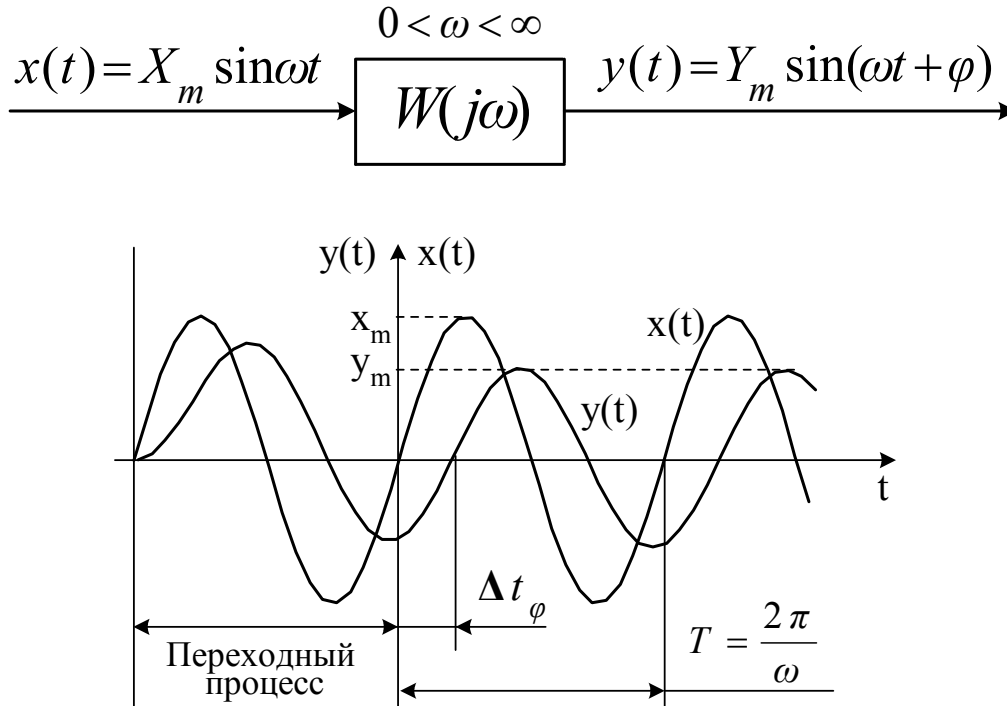


Рисунок 3.2. - До визначення частотних характеристик.

Повторюючи такий експеримент при фіксованому X_m для різних значень частоти (від 0 до ∞), можна встановити, що амплітуда Y_m і фазове зрушення φ вихідного сигналу конкретного елемента залежать від частоти впливу. Подаючи гармонійний вплив на вхід різних елементів, можна переконатися, що величини Y_m і φ залежать також від типу й параметрів елемента. Отже, залежності амплітуди Y_m і зрушення фаз φ від значень частоти ω можуть служити характеристиками динамічних властивостей елементів. Тому що амплітуда вихідного сигналу Y_m залежить ще від амплітуди вхідного сигналу X_m , тоді доцільно при описі передатних властивостей елементів розглядати відношення амплітуд Y_m/X_m .

Залежність відносини амплітуд вихідного й вхідного сигналу від частоти

називають амплітудною частотною характеристикою (АЧХ). Залежність фазового зрушення між вхідним і вихідним сигналами від частоти називають фазовою частотною характеристикою (ФЧХ).

У даній роботі визначаються частотні характеристики для аперіодичного, реального диференційного й коливального ланок.

3.2. ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ

Нехай на вхід досліджуваної системи надходить комплексний гармонійний вплив

$$x(t) = x_m e^{j\omega t} = x_m (\cos \omega t + j \sin \omega t) \quad (3.3)$$

Тоді сталий вхідний сигнал системи визначиться як добуток частотної характеристики $W(j\omega)$ на вхідний сигнал

$$\begin{aligned} y(t) &= x_m |W(j\omega)| (\cos(\omega t + \varphi) + j \sin(\omega t + \varphi)) = \\ &= y_m (\cos(\omega t + \varphi) + j \sin(\omega t + \varphi)). \end{aligned} \quad (3.4)$$

Зіставлення співвідношень (3.3) і (3.4) показує, що, проходячи через стаціонарну лінійну систему (ланка), косинусоїдальна (або синусоїдальна) сроставна вхідного сигналу підсилюється в $|W(j\omega)|$ раз, а її фаза зрушується на кут $\varphi(\omega) = \arg W(j\omega)$. Ця обставина дозволяє визначати частотну характеристику $W(j\omega)$ одним з експериментальних методів, досліджуючи реакцію системи на реальний гармонійний вплив $x(t) = x_m \sin \omega t$. Останнє може бути подано, наприклад, з генератора гармонійних коливань. Так на вхід досліджуваної динамічної ланки з виходу генератора гармонійних коливань подається напруга постійної амплітуди при зміні частоти від 0 нескінченно (практично цей діапазон дорівнює смузі істотних частот ланки). Одночасно цей сигнал подається на вхід X електронного осцилографа для виміру його величини. Вихідний сигнал динамічної ланки подається на вхід Y - для виміру його величини й фази.

Величина модуля $A(\omega)$ й фаза $\varphi(\omega)$ частотної характеристики $W(j\omega)$ визначаються за допомогою осцилографа за формою й розмірами фігури Лиссажу.

Розглянемо фігуру Лиссажу, отриману на екрані осцилографа при подачі на його клеми горизонтального й вертикального розгорнень вхідного й вихідного сигналів ланки відповідно (рис. 3.3).

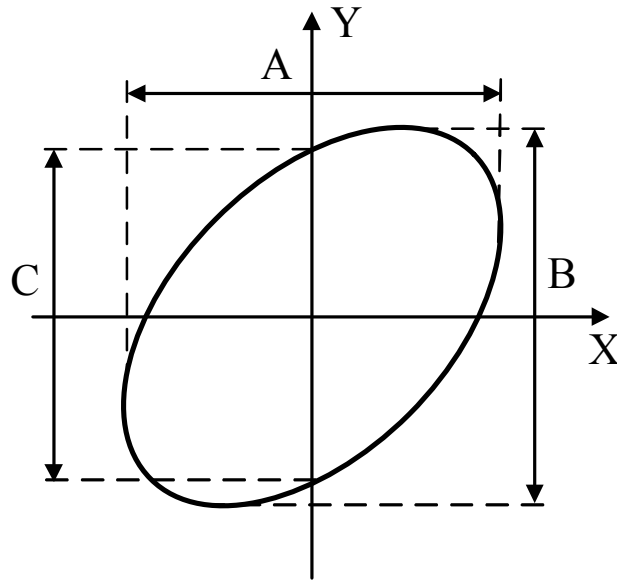


Рисунок 3.3. Вимір фігури Лиссажу

Будемо вважати, що масштаб по осях екрана X и Y обраний однаково. У силу викладеного в попередньому пункті, математичний запис вхідного й вихідного сигналів має вигляд

$$x(t) = u_1 \sin(\omega t); \quad (3.5)$$

$$y(t) = u_2(\omega) \sin(\omega t + \varphi). \quad (3.6)$$

На екрані осцилографа амплітуди x_m й y_m зображені відповідно половинками відрізків A и B, тобто

$$A = 2Mx_m; \quad B = 2My_m, \quad (3.7)$$

де M – масштаб екрана.

Тому модуль частотної характеристики для фіксованої частоти ω може бути знайдений, як відношення цих відрізків:

$$A(\omega) = |W(j\omega_i)| = \frac{y_m}{x_m} = \frac{B}{A}. \quad (3.8)$$

Зрушення фази φ знаходять у такий спосіб. Після підстановки $t = 0$ співвідношення (3.6) дає

$$y(0) = y_m \sin(\varphi). \quad (3.9)$$

Зі співвідношення (3.9) випливає, що $\varphi(0)$ в масштабі екрана осцилографа виражається відрізком $C/2$, тобто

$$C = 2y(0). \quad (3.10)$$

Звідси треба (див. (3.9), (3.10), (3.7)), що для фіксованої частоти зрушення фаз $\varphi(\omega_i)$ може бути знайдений по формулі

$$\varphi(\omega_i) = \arcsin \frac{y(0)}{y_m} = \arcsin \frac{C}{B}. \quad (3.11)$$

У лабораторній роботі формули (3.8) і (3.11) можуть бути прийняті за вихідні при експериментальному визначенні частотних характеристик досліджуваних ланок.

3.3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати схему одержання частотних характеристик ланок згідно рис.

3.4. Як модель досліджуваної ланки (блок $W(p)$) зібрати схему моделювання аперіодичної ланки (рис. 2.3,а).

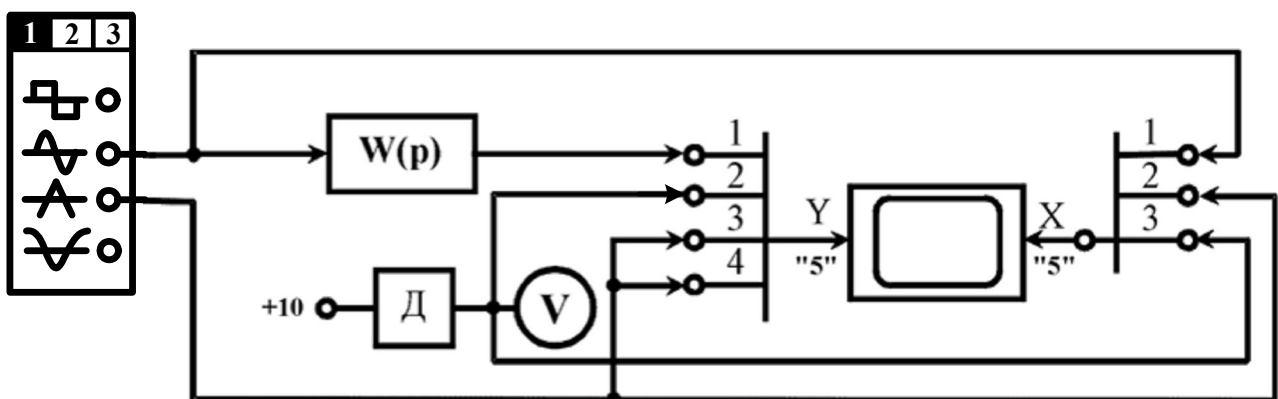


Рисунок 3.4. Схема одержання частотних характеристик динамічних ланок

2. Видалити перемичку управління яскравістю променя електронного індикатора. Включити 1-й режим роботи АОК-6 .

3. Після перевірки набраної схеми викладачем включити АОК-6 кнопкою "МЕРЕЖА". Установити амплітуду сигналу трикутної форми відповідно до максимального розгорнення вимірювальних відрізків і вертикальної осі на екрані електронного індикатора.

4. Установити коефіцієнти $a_1 = -0,5$ й $a_0 = 0,4$.

5.Зробити необхідні виміри для експериментального одержання частотних характеристик досліджуваної ланки:

- змінюючи амплітуду сигналу синусоїдальної форми, установити зручний для вимірів масштаб;

- змінюючи частоту генератора, зробити виміри відрізків А, У и С (рис.3.2), заносючи результати в таблицю виду табл. 3.1. Виміри робити по цифровому вольтметрі, переміщаючи вимірювальні відрізки на необхідний рівень дільником Д (рис. 3.4). Кількість крапок вимірів повинне бути достатнім для відтворення всієї кривої АФЧХ (10 - 15 крапок). Інтервал частот між вимірами можна міняти.

Таблиця 3.1

Замір	$T/2$, мс	$A/2$, в	$B/2$, в	$C/2$, в

6. Зібрати схему моделювання реально диференційної ланки (рис. 2.3,б) і підключити до схеми (рис. 3.4). Не змінюючи положення регуляторів a_1 і a_0 повторити п. 5.

7.Зібрати схему моделювання коливальної ланки (мал.2.3,в) і підключити до схеми. Не змінюючи положення регуляторів a_1 і a_0 повторити п.5.

8. За отриманими даними, використовуючи формули (3.8) і (3.11), для кожної ланки порахувати $A(\omega)$, $\varphi(\omega)$, $W(j\omega)$, а також $P(\omega) = A(\omega)\cos\varphi(\omega)$; $Q(\omega) = A(\omega)\sin\varphi(\omega)$; $L(\omega) = 20\lg A(\omega)$. Результати занести в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Замір	f, Гц	$\omega = 2\pi f$, рад/с	$A(\omega)$	$\varphi(\omega)$	$P(\omega)$	$Q(\omega)$	$W(j\omega)$

9. Побудувати експериментальні частотні характеристики ланок: амплітудно-фазочастотну, амплітудно-частотну, фазочастотну, дійсну й мниму.

10. Вивести співвідношення для частотних характеристик кожного з досліджуваних ланок, взявши за основу вираження для їхніх передатних функцій. Розрахувати й побудувати теоретичні криві амплітудно-фазочастотної, амплітудно-частотної, фазочастотної, дійсної і мнимої частотних характеристик на одних графіках з експериментальними кривими (результати розрахунку звести в таблицю виду табл. 3.2). Порівняти їх.

Для кожної ланки побудувати теоретичну логарифмічну амплітудно-частотну характеристику асимптотически.

3.4.ЗМІСТ ЗВІТУ

- 1.Короткий опис завдання й методу дослідження.
- 2.Схеми моделювання ланок і схема одержання частотних характеристик.
3. Результати експерименту, зведені в таблицю.
4. Результати розрахунку за експериментальними даними, зведені в таблицю.
- 5.Співвідношення для теоретичної побудови частотних характеристик.
- 6.Результати розрахунку за теоретичними даними, зведені в таблицю.
- 7.Графіки теоретичних і експериментальних кривих частотних характеристик.
- 8.Виводи про роботу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ЛІНІЙНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

ЦІЛЬ РОБОТИ - експериментальне дослідження динамічних процесів у лінійній системі при варіюванні її параметрів, визначення умов стійкості й дослідження впливу зміни параметрів на стійкість.

4.1. КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

Стійкість систем автоматичного управління є найважливішим показником якості системи, що визначає її працездатність. Для оцінки стійкості системи використовують різні критерії стійкості, у тому числі критерій Гурвица, відповідно до якого необхідними й достатніми умовами є: позитивність коефіцієнтів характеристичного рівняння й мінорних показників таблиці Гурвица.

Функціональна й структурна схеми системи, яка досліджується в даній лабораторній роботі, зображені на рис. 4.1. Система складається з вимірника неузгодженості у вигляді потенціометричного мосту R_1 і R_2 , напруга, на виході якого пропорційно неузгодженості (помилці) між вхідною й вихідною оссю

$$\theta = \theta_{вх} - \theta_{вих},$$

підсилювача В, виконавчого двигуна Д и редуктора Ред.

Передатні функції елементів системи, що стежить (у спрощеному виді):
вимірник неузгодженості (потенціометричний міст):

$$W_{\Pi}(p) = \frac{U_{\varepsilon}(p)}{\Theta(p)} = k_{\Pi}, \quad \text{В/рад};$$

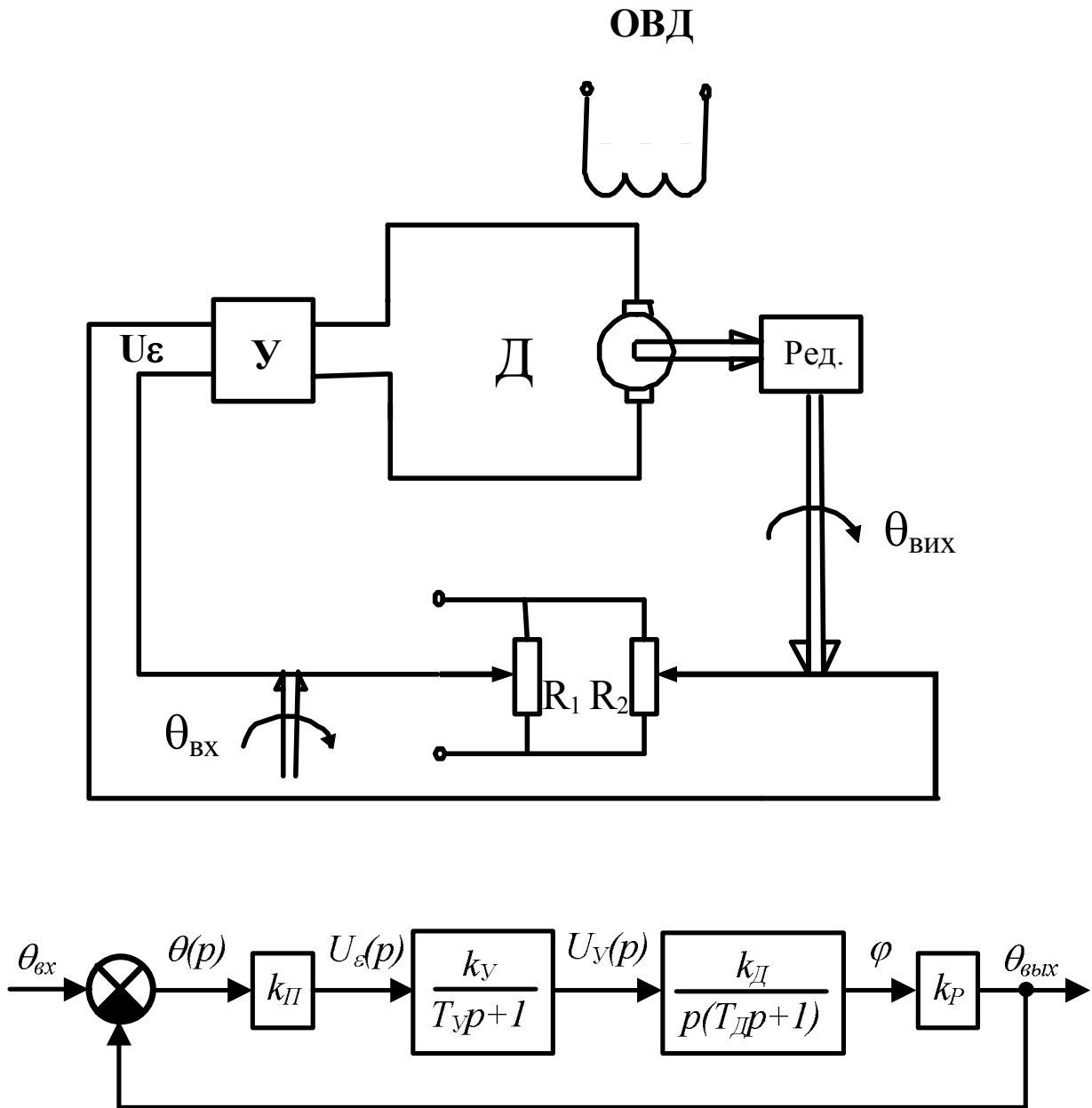


Рисунок 4.1. Функціональна й структурна схема САР

підсилювач:

$$W_y(p) = \frac{U_y(p)}{U_\varepsilon(p)} = \frac{k_y}{T_y p + 1},$$

де k_y - коефіцієнт підсилення;

T_y - постійна часу;

виконавчий двигун:

$$W_d(p) = \frac{\varphi(p)}{U_y(p)} = \frac{k_d}{p(T_d p + 1)},$$

де $\varphi(p)$ - кут повороту якоря двигуна;

k_d - коефіцієнт передачі двигуна;

T_d - постійна часу;

редуктор

$$W_p(p) = \frac{\Theta_{вих}(p)}{\varphi(p)} = \frac{1}{i} = k_p$$

де i - передатне співвідношення редуктора;

k_p - коефіцієнт передачі редуктора.

Передатна функція розімкнутої системи

$$W(p) = W_{\Pi}(p)W_y(p)W_d(p)W_p(p) = \frac{k}{p(T_y p + 1)(T_d p + 1)} \quad (4.1)$$

де $k = k_{\Pi} \cdot k_y \cdot k_d \cdot k_p$ - коефіцієнт підсилення системи.

Передатна функція замкнутої системи

$$W_3(p) = \frac{W(p)}{1 + W(p)} = \frac{k}{p(T_y p + 1)(T_d p + 1) + k} \quad (4.2)$$

Для знаходження характеристичного рівняння замкнутої системи запишемо поліном $F(p)$ знаменника передатної функції (4.2) і дорівняємо його до нуля:

$$F(p) = p(T_Y p + 1)(T_D p + 1) + k = 0$$

або

$$F(p) = a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3 = 0 \quad (4.3)$$

де $a_0 = T_Y \cdot T_D$; $a_1 = T_Y + T_D$; $a_2 = 1$; $a_3 = k$.

Зі співвідношень (4.2) і (4.3) видно, що досліджувана система має третій порядок, а характеристичне рівняння третій ступінь.

По фізичних міркуваннях коефіцієнти характеристичного рівняння (4.3) завжди позитивні, і, отже, необхідна умова - позитивність коефіцієнтів характеристичного рівняння - виконується.

Для стійкості системи третього порядку потрібно ще й виконання умови позитивності мінорного визначника другого порядку:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0 \quad (4.4)$$

Підставимо в нерівність (4.4) параметри елементів системи й знайдемо співвідношення між параметрами, при яких система буде стійка

$$(T_Y + T_D) - T_Y \cdot T_D k > 0.$$

Звідки

$$k < \frac{1}{T_Y} + \frac{1}{T_D} \quad (4.5)$$

З нерівності (4.5) видно, що збільшення коефіцієнта приводить до погіршення стійкості. (Помітимо тут, що, з іншого боку, збільшення коефіцієнта підсилення підвищує точність системи при відтворенні вхідного сигналу).

Граничне значення коефіцієнта підсилення системи, тобто значення, при якому система буде перебувати на границі стійкості, буде визначатися рівністю:

$$a_1 a_2 - a_0 a_3 = 0 \quad \text{або} \quad k = k_{\text{ПР}} = \frac{1}{T_Y} + \frac{1}{T_D},$$

а також при $a_3 = k = 0$.

Таким чином, система буде стійка, якщо коефіцієнт підсилення системи буде перебуває в інтервалі:

$$0 < k < k_{\text{ПР}} \quad (4.6)$$

Аналогічні умови стійкості можна визначити й для інших параметрів системи T_Y й T_D . Помітимо, що для визначення умов стійкості можна застосовувати й інші критерії стійкості.

Виконання умов стійкості (4.4) або (4.6) гарантує тільки стійкість системи. Тим часом, при різних значеннях коефіцієнта підсилення (або інших параметрів) у межах нерівності (4.6) хоча система й буде стійкою, але якість системи (тобто перехідні процеси в системі) буде різною. При одних значеннях k перехідний процес буде аперіодичним, при інших - коливальним, тривалість перехідних процесів також буде різною. Різною буде й точність системи.

Співвідношення (4.5) показує, що при збільшенні постійних часу T_Y й T_D області стійкості звужуються.

4.2. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати схему моделюємої системи згідно рис. 4.2.
2. Установити коефіцієнти $k_1 = k_2 = 1$, $a_1 = -2$, $a_2 = -1$, $k_3 > 0$.

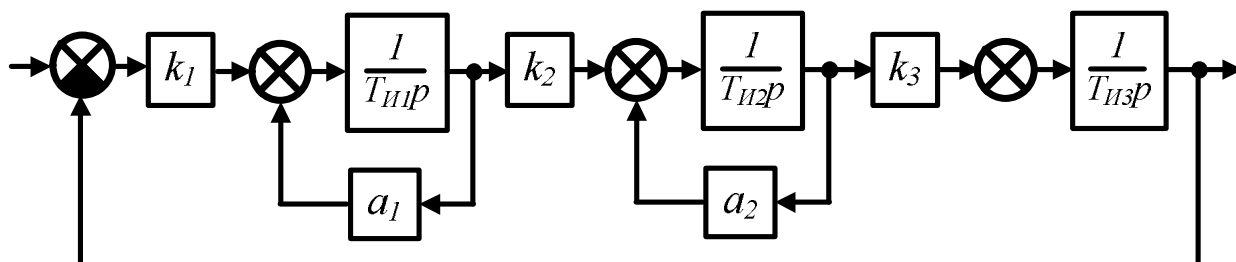


Рисунок 4.2 - Схема моделюємої САУ.

3. Зібрати схему досліджень згідно рис. 4.3. Після перевірки набраної схеми викладачем включити АОК-6 кнопкою "МЕРЕЖА". Установити 2-й режим роботи.

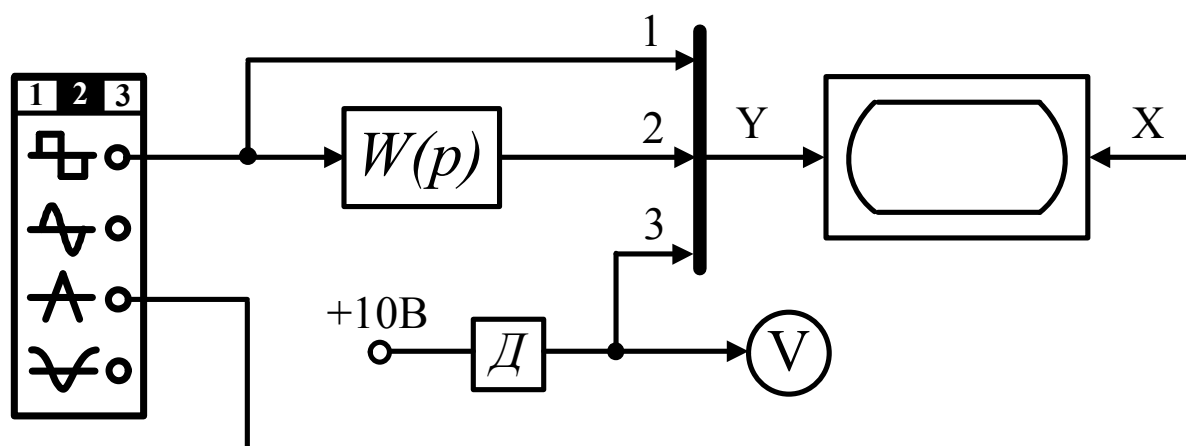


Рисунок 4.3 - Схема досліджень

4. Визначити експериментально граничне значення коефіцієнта передачі розімкнутого ланцюга моделі системи: Для цього необхідно, поступово збільшуючи значення коефіцієнта k_3 , домогтися незатухаючих коливань на

виході системи. Замалювати графік перехідного процесу. Виміряти величину k_3 .

5. Змінюючи значення k_3 , одержати три види перехідних процесів у системі: аперіодичний монотонний, аперіодичний з перерегулюванням і загасаючий коливальний. Для кожного виду перехідного процесу замалювати графік і виміряти значення k_3 .

6. Розрахувати граничне значення коефіцієнта передачі розімкнутої системи й порівняти його з експериментальним.

7. Побудувати графічно область стійкості досліджуваної системи по параметру k .

8. Побудувати логарифмічну амплітудну $L(\omega)$ і фазову $\varphi(\omega)$ частотні характеристики моделюємої системи для розімкнутого ланцюга при чотирьох значеннях k , що відповідають отриманим по п. 4 і 5 цього розділу. Виконати аналіз стійкості.

4.3 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про лабораторну роботу повинен містити:

1. Короткий опис завдання й методу дослідження.
2. Структурну схему, схему моделювання й короткий їхній опис.
3. Графіки перехідних процесів із вказівкою коефіцієнтів підсилення.
4. Розрахунок k_{GR} , графічне подання області стійкості системи.
5. Логарифмічні амплітудні й фазові частотні характеристики системи.
6. Виводи по роботі з аналізом результатів і розрахунків.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДВОХ ПАРАМЕТРІВ НА СТІЙКІСТЬ ЛІНІЙНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

ЦІЛЬ РОБОТИ - експериментальне й теоретичне дослідження стійкості в лінійної САУ при варіюванні двох параметрів системи.

5.1. КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

За допомогою критеріїв стійкості можна встановити факт стійкості або нестійкості системи, всі параметри якої задані. Однак часто при проектуванні й налагодженні систем виникає більш загальне завдання аналізу стійкості - визначення припустимих (за умовою стійкості) меж зміни деяких параметрів системи. У якості таких варіюваних параметрів звичайно розглядають коефіцієнти й постійні часу керуючого пристрою, які можна цілеспрямовано змінювати при настроюванні системи. Іноді припустимі межі зміни визначають і для параметрів об'єкта (якщо останні змінюються при роботі системи).

Припустимі межі варіювання параметрів системи можна визначити шляхом побудови областей стійкості. Область стійкості виділяє із всіх можливих значень варіюваних параметрів лише ті значення, при яких система стійка.

Розглянемо випадок впливу двох параметрів на стійкість системи. При цьому всі інші параметри системи повинні бути задані. У якості варіюваних параметрів, як правило, приймають постійну часу T одного з конструктивних елементів системи й передатний коефіцієнт k розімкнутого контуру або одного з елементів. Варіюванні параметри k і T повинні входити в характеристичне рівняння системи лінійно, тобто рівняння не містить добутоків k і T и їхніх ступенів вище першої. Характеристичне рівняння може бути представлене в наступному виді:

$$F(p) = kA(p) + TB(p) + C(p) = 0, \quad (5.1)$$

де $A(p)$, $B(p)$, $C(p)$ - поліноми від p , коефіцієнти яких не залежать від k і T .

Відповідно до загальної методики D-Розбивки підставимо в характеристичне рівняння (5.1) замість змінної p мнимий корінь $j\omega$. Тоді одержимо тотожність

$$kA(j\omega) + TB(j\omega) + C(j\omega) \equiv 0, \quad (5.2)$$

яке при кожному фіксованому значенні ω можна розглядати як рівняння з невідомими k і T .

Кожний із трьох поліномів, що входять у рівняння (5.2), після зведення $j\omega$ у парні й непарні ступені можна представити у вигляді суми дійсної й мнимої частин:

$$\left. \begin{aligned} A(j\omega) &= A_1(\omega) + jA_2(\omega); \\ B(j\omega) &= B_1(\omega) + jB_2(\omega); \\ C(j\omega) &= C_1(\omega) + jC_2(\omega). \end{aligned} \right\} \quad (5.3)$$

Підставляючи (5.3) в (5.2) і групуючи дійсні й мнимі доданки, одержимо

$$[kA_1(\omega) + TB_1(\omega) + C_1(\omega)] + j[kA_2(\omega) + TB_2(\omega) + C_2(\omega)] \equiv 0. \quad (5.4)$$

Відомо, що комплексна величина дорівнює нулю тоді, коли одночасно дорівнюють нулю її дійсна й мнима частини. Тому, умова (5.4) еквівалентно двом рівнянням:

$$\left. \begin{aligned} kA_1(\omega) + TB_1(\omega) + C_1(\omega) &= 0; \\ kA_2(\omega) + TB_2(\omega) + C_2(\omega) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (5.5)$$

Ця система двох рівнянь дає можливість визначити для кожного

$$T = \Delta_2 / \Delta = f_2(\omega)$$

фіксованого значення ω два невідомих k і T .

Для рішення системи (5.5) скористаємося методом визначників:

$$k = \Delta_1 / \Delta = f_1(\omega), \quad (5.6)$$

де $\Delta = \begin{vmatrix} A_1(\omega) & B_1(\omega) \\ A_2(\omega) & B_2(\omega) \end{vmatrix} = A_1(\omega) \cdot B_2(\omega) - A_2(\omega) \cdot B_1(\omega); \quad (5.7)$

$$\Delta = \begin{vmatrix} A_1(\omega) & B_1(\omega) \\ A_2(\omega) & B_2(\omega) \end{vmatrix} = A_1(\omega) \cdot B_2(\omega) - A_2(\omega) \cdot B_1(\omega); \quad (5.8)$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} -C_1(\omega); & B_1(\omega) \\ -C_2(\omega); & B_2(\omega) \end{vmatrix} = -C_1(\omega) \cdot B_2(\omega) + C_2(\omega) \cdot B_1(\omega); \quad (5.9)$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} A_1(\omega); & -C_1(\omega) \\ A_2(\omega); & -C_2(\omega) \end{vmatrix} = -A_1(\omega) \cdot C_2(\omega) + A_2(\omega) \cdot C_1(\omega). \quad (5.10)$$

Виразення (5.6) і (5.7) являють собою рівняння кривій D-Розбивки, задана в параметричній формі. Підставляючи в ці вираження різні значення параметра ω (у діапазоні від $-\infty$ до $+\infty$), можна побудувати основну границю області стійкості.

Тому що поліноми $A_1(\omega)$, $B_1(\omega)$, $Z_1(\omega)$ - парні функції, а поліноми $A_2(\omega)$, $B_2(\omega)$, $Z_2(\omega)$ - непарні, то визначники Δ , Δ_1 і Δ_2 є непарними функціями змінної ω ; відповідно $f_1(\omega)$ і $f_2(\omega)$ - парні функції ω . Із цього треба, що крива D-Розбивки при зміні ω від $-\infty$ до $+\infty$ проходить двічі через ті самі крапки: перший раз при зміні ω від $-\infty$ до 0 і другий раз - при зміні ω від 0 до $+\infty$.

Крива D-Розбивки, побудована в площині двох параметрів, штрихується за наступним правилом: якщо головний визначник $\Delta > 0$, то штрихування наноситься ліворуч (при русі уздовж кривої убік збільшення ω); якщо визначник $\Delta < 0$, то штрихування наноситься праворуч. Це правило сформульоване стосовно до цілком певного порядку побудови кривій D-Розбивки: рівняння, що виходить від прирівнювання до нуля дійсної частини, повинне бути записане в першому рядку системи (5.5); параметр, який стоїть на першому місці, необхідно відкладати по осі абсцис.

Тому що при проходженні змінної ω через нуль знак головного визначника Δ міняється на протилежний, то штрихування кривій D-Розбивки завжди подвійна.

При побудові області стійкості в площині двох параметрів крім основній кривій D-Розбивки наносять особливі прямі. Рівнянням особою прямій може служити кожне з рівнянь (5.5):

$$T = [-C_{1(2)}(\omega_H) - kA_{1(2)}(\omega_H)]B_{1(2)}(\omega_H), \quad (5.11)$$

де ω_H - "виняткові" частоти, при яких всі три визначники Δ , Δ_1 і Δ_2 одночасно

звертаються в нуль або в нескінченність і рішення (5.6) і (5.7) стають невизначеними.

У багатьох практичних завданнях параметри k і T входять у старший коефіцієнт a_0 або вільний коефіцієнт a_n характеристичного рівняння системи. У цьому випадку рівняння двох особливих прямих одержують прирівнюванням зазначених коефіцієнтів до нуля:

$$a_n = 0; \quad a_0 = 0. \quad (5.12)$$

Перше рівняння відповідає $\omega_I = 0$, а друге - $\omega_I = \infty$.

Штрихування особливих прямих виконують за наступними правилами. Особливі прямі, що відповідають $\omega_I = 0$ і $\omega_I = \infty$, штрихують один раз, а прямі, що відповідають $0 < \omega < \infty$, штрихують двічі. У крапках перетинання (або сполучення) особою прямих із кривій D-Розбивки, що відповідають $\omega = \omega_I$, заштриховані сторони прямої й кривій повинні бути звернені друг до друга. Причому, якщо в крапці перетинання визначник Δ міняє знак, то штрихування особливої прямої переходить на протилежну сторону прямої, якщо ж знак визначника не міняється, то напрямок штрихування залишається колишнім.

У даній лабораторній роботі необхідно досліджувати вплив двох параметрів на стійкість замкнутої системи автоматичного управління, передатна функція якої в розімкнутому стані має вигляд:

$$W(p) = \frac{k}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)}.$$

5.2. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати схему моделюємої системи згідно рис. 5.1.

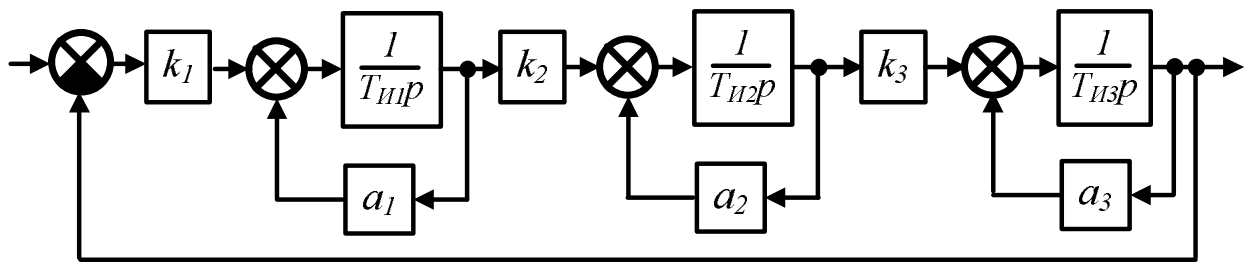


Рисунок 5.1. Схема моделюємої САУ

2. Установити коефіцієнти $T_{i1}=0,13$; $T_{i2}=0,013$; $T_{i3}=0,013$; $k_1=1$; $k_2=5$, $a_1=-2$, $a_2=-1$, $k_3>0$.

3. Зібрати схему досліджень згідно рис. 4.3. Після перевірки зібраної схеми викладачем включити АОК-6 кнопкою “МЕРЕЖА” і встановити 2-й режим роботи.

4. Змінюючи значення параметрів k_3 і a_3 оцінити стійкість замкненої системи по виду перехідного процесу. Результати досліджень занести в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1.

$a_3 \backslash k_3$	-1	-0.5	-0.2	-0.1
0,5				
1				
2				
3				
5				
7				
9				

5. Побудувати графічно область стійкості досліджуваної системи в площині параметрів k_3 і T_3 .

6. Нанести на графічне подання області стійкості крапки, отримані в результаті експериментальних досліджень.

5.3. ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про лабораторну роботу повинен містити:

1. Короткий опис завдання й методу дослідження.
2. Схему моделювання.
3. Таблицю експериментальних досліджень.
4. Графічне подання області стійкості.
5. Виводи по роботі з аналізом результатів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ЛІНІЙНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

ЦІЛЬ РОБОТИ - експериментальна й теоретична оцінка точності САУ при типових впливах.

6.1. КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

Призначення будь-якої автоматичної системи управління - зміна вихідної величини $y(t)$ відповідно до зміни впливу, що *задає*, $x(t)$. У більшості випадків це завдання системи полягає в підтримці рівняння

$$y(t) = x(t) \quad (6.1)$$

при будь-яких *змінах* що *задає* й обурюють впливів.

При аналізі точності розрізняють дві функції системи: відтворення *впливу, що задає*, і придушення (компенсація) збурювань. Через інерційність об'єкт і регулятор обидві ці функції виконуються будь-якою реальною

системою з похибкою: у кожний момент часу після зовнішнього впливу існує різниця

$$\varepsilon(t) = x(t) - y(t) \quad (6.2)$$

характеризуюча точність системи. Чим менше миттєві значення сигналу помилки $\varepsilon(t)$, тим більше (краще) точність системи.

Розглянемо характеристики точності типової одноконтурної системи, алгоритмічна схема якої наведена на рис. 6.1.

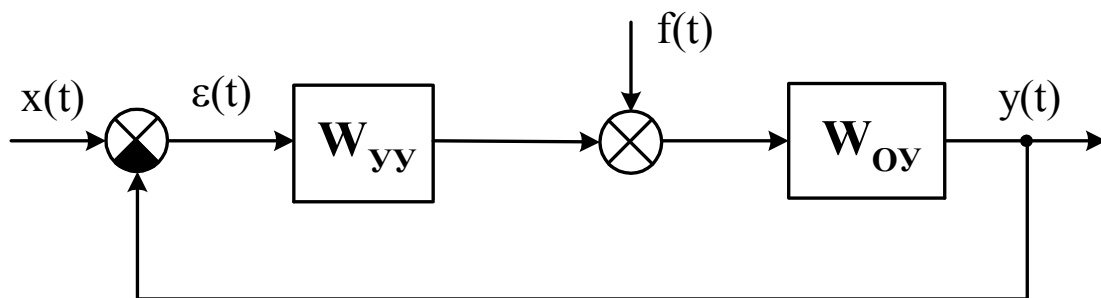


Рисунок 6.1 - Типовая одноконтурная система.

У наведеній схемі (рис.6.1) сигнал помилки $\varepsilon(t)$, обумовлений вираженням (6.2), діє на вході управляючого пристрою, що описується передатною $W_{yy}(p)$. На вході об'єкта управління з передатною функцією $W_{oy}(p)$ діє вихідний сигнал управляючого пристрою, що підсумується із впливом, що **обурює**, $f(t)$.

Сигнал помилки $\varepsilon(t)$ складається із двох складових:

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_x(t) + \varepsilon_f(t), \quad (6.3)$$

де $\varepsilon_x(t)$ - складова сигналу помилки, обумовлена зміною впливу, що задає;

$\varepsilon_f(t)$ - складова сигналу помилки, обумовлена зміною впливу, що обурює.

Складова $\varepsilon_x(t)$ характеризує точність виконання системою функції відтворення впливу, що задає, $\varepsilon_f(t)$ складова характеризує точність виконання системою функції подавлення впливів, що обурюють.

Обчислення миттєвих значень сигналу помилки і його складових при довільному законі зміни зовнішніх впливів являє собою складне завдання. Тому

точність систем прийнята оцінювати за значеннями $\varepsilon_x(t)$ й $\varepsilon_f(t)$ у статичному й сталому динамічному режимах роботи системи. Відповідно розрізняють статичну й динамічну точності.

6.1.1. Статична точність

У статичному режимі помилки виникають тільки в статичній системі, а в астатичній системі вони дорівнюють нулю, тому статичну точність оцінюють тільки при аналізі статичних систем. Статичною системою управління називається система, об'єкт і управляючий пристрій якої є статичними елементами, тобто $W_{OY}(0) = k_{OY}$ й $W_{YU}(0) = k_{YU}$.

Стале значення сигналу помилки статичної системи визначається рівнянням:

$$\varepsilon = x \cdot \frac{1}{1 + k_{YU} \cdot k_{OY}} + f \cdot \frac{-k_{OY}}{1 + k_{YU} \cdot k_{OY}} \quad (6.4)$$

Перший доданок у правій частині рівняння (6.4) характеризує статичну помилку по впливі, що задає, друге - статичну помилку по збурюванню. Обидві ці помилки тим більше, чим більше зовнішні впливи x і f , і тем менше, чим більше знаменник $(1 + k_{YU} k_{OY})$.

6.1.2. Динамічна точність

Динамічну точність систем оцінюють по величині сигналу помилки в сталому динамічному режимі. Сталий динамічний режим настає після закінчення перехідного процесу. У цьому режимі керована величина й сигнал помилки мають тільки змушену складову.

Залежно від властивостей системи й від крапки додатка зовнішнього впливу змушена складова сигналу помилки або дорівнює постійній величині, або необмежено зростає. Постійну змушену складову можна визначити за допомогою теореми про кінцеве значення оригіналу:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p\varepsilon(p), \quad (6.5)$$

де $\varepsilon(p)$ - зображення сигналу помилки.

Сталі значення складових сигналу помилки $\varepsilon_x(t)$ й $\varepsilon_f(t)$ для ряду розповсюджених випадків наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1.

Складова сигналу помилки	Порядок астатизму	Вид впливу		
		$a \cdot 1(t)$	$a \cdot t \cdot 1(t)$	$a \cdot t^2 \cdot 1(t)$
$\varepsilon_x(t)$	$\nu = 0$	$a / (1 + k)$	∞	∞
	$\nu = 1$	0	a / k	∞
	$\nu = 2$	0	0	$2 \cdot a / k$
$\varepsilon_f(t)$	$\nu_{yy} = 0; \nu_{oy} = 0$	$a \cdot k_{oy} / (1 + k)$	∞	∞
	$\nu_{yy} = 0; \nu_{oy} = 1$	a / k_{yy}	∞	∞
	$\nu_{yy} = 1; \nu_{oy} = 0$	0	a / k_{yy}	∞
	$\nu_{yy} = 1; \nu_{oy} = 1$	0	a / k_{yy}	∞
	$\nu_{yy} = 2; \nu_{oy} = 0$	0	0	$2 \cdot a / k_{yy}$

6.2. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати схему моделювання астатичної системи, що наведена на рис.4.2.
2. Установити коефіцієнти $k_1 = k_2 = 1$, $a_1 = -2$, $a_2 = -1$, $k_3 > 0$.
3. Зібрати схему досліджень згідно рис. 4.3. Після перевірки зібраної схеми викладачем включити АОК-6 кнопкою “МЕРЕЖА” і встановити 2-й режим роботи.
4. Установити коефіцієнт підсилення системи (змінюючи k_3), домігшись перегулювання 20 – 30 %. . Виміряти коефіцієнт підсилення.
5. Визначити величину сигналу помилки при впливі на її вхід східчастого впливу $x(t) = 5 \cdot 1(t)$. Замалювати графік перехідного процесу.

6. Визначити величину сигналу помилки при впливі на її вхід сигналу $x(t) = 5t * 1(t)$. Замалювати графік перехідного процесу.

7. Зібрати схему моделювання статичної системи (рис.5). Установити коефіцієнти $T_{и1}=0,01з$; $T_{и2}=0,01з$; $T_{и3}=0,01з$; $k_1=1$; $k_2=5$, $a_1=-2$, $a_2=-1$, $a_3=-0,2$ $k_3>0$.

8. Повторити пункти 3 – 6.

9. Розрахувати коефіцієнти помилок C_0 , C_1 , C_2 і обчислити величини сталих помилок для заданих в експерименті вхідних впливах. Зрівняти експериментальні результати з теоретичними розрахунками.

6.3. ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про лабораторну роботу повинен містити:

1. Короткий опис завдання й методу дослідження.
2. Схеми моделювання.
3. Графіки перехідних процесів по кожному пункті досліджень.
4. Показники точності, обумовлені по кривих перехідних процесів.
5. Теоретичні значення показників точності.
6. Виводи по роботі з аналізом результатів досліджень і розрахунків.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ В ЛІНІЙНІЙ СИСТЕМІ АВТОМАТИЧНОГО РІВНЯННЯ.

ЦІЛЬ РОБОТИ - експериментальне й теоретичне визначення показників якості систем автоматичного управління.

7.1. КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ

Для оцінки якості систем автоматичного управління використовуються прямі показники якості, які одержують безпосередньо по кривій перехідного процесу (перехідної функції) при впливі на систему східчастої одиничної функції.

До прямих показників якості відносяться, насамперед, наступні (рис. 7.1):

- основні:

1. Тривалість перехідного процесу (час регулювання) t_n (t_p) - цей час, уважаючи від моменту додатка вхідного впливу, протягом якого вихідна керована величина досягає значення, близького до сталого із заданою точністю Δ (наприклад, не менш 95% від сталого)

$$|y(t) - y_{уст}| \leq \Delta,$$

де $y(t)$ - поточне значення вихідної величини.

Δ - постійна величина, значення якої визначається умовами.

2. Перерегулювання σ - максимальне відхилення вихідної величини y_{max} від сталого значення $y_{уст}$, виражене у відсотках

$$\sigma = \frac{y_{max} - y_{уст}}{y_{уст}} \cdot 100, \%$$

- додаткові:

1. Число коливань N вихідної величини біля сталого значення.
2. Частота й період T_3 коливань вихідної величини для коливальних перехідних процесів.
3. Час досягнення першого максимуму вихідної величини t_{max} .
4. Час наростання t_n .

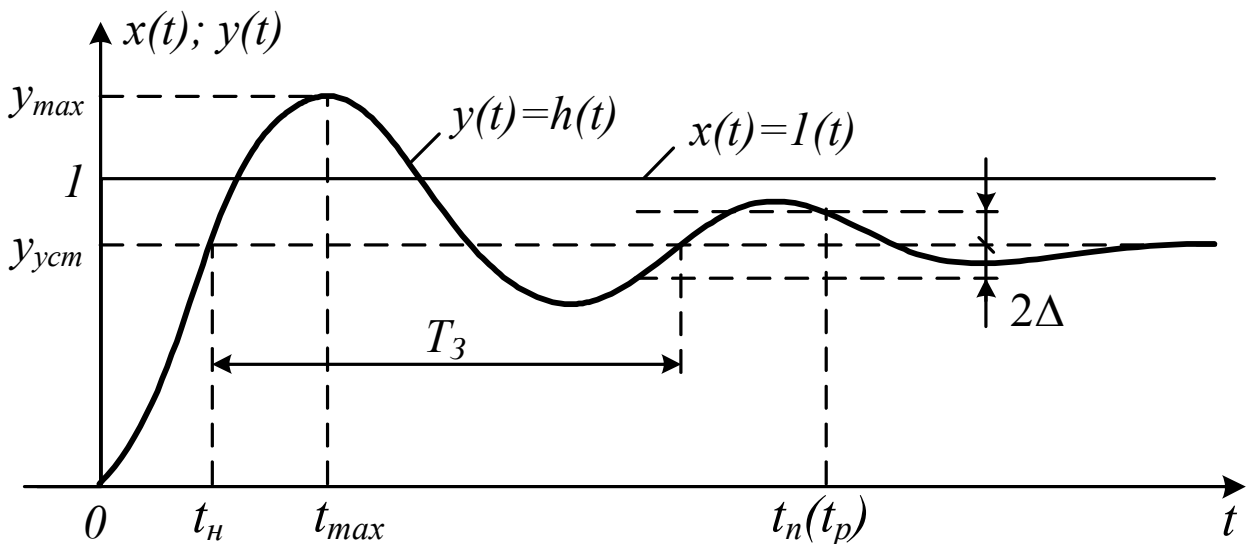


Рисунок 7.1 - Прямі показники якості

Непрямих показників якості існує безліч. Розглянемо деякі з них обумовлені по частотних характеристиках.

Зручно використовувати логарифмічні амплітудно-частотну й фазочастотну характеристики розімкнутої системи. По цих характеристиках можна одержати наступні показники якості (рис. 7.2):

1. Запас стійкості по фазі $\Delta\varphi$. Для систем задовільної якості $\Delta\varphi=30-60^\circ$;

2. Запас стійкості по амплітуді ΔL . Для систем задовільної якості ($L=6-20$ дБ).

3. Частота зрізу ω_c . Із цією частотою безпосередньо пов'язана тривалість перехідного процесу

$$t_p \leq \frac{(2-4)\pi}{\omega_c}$$

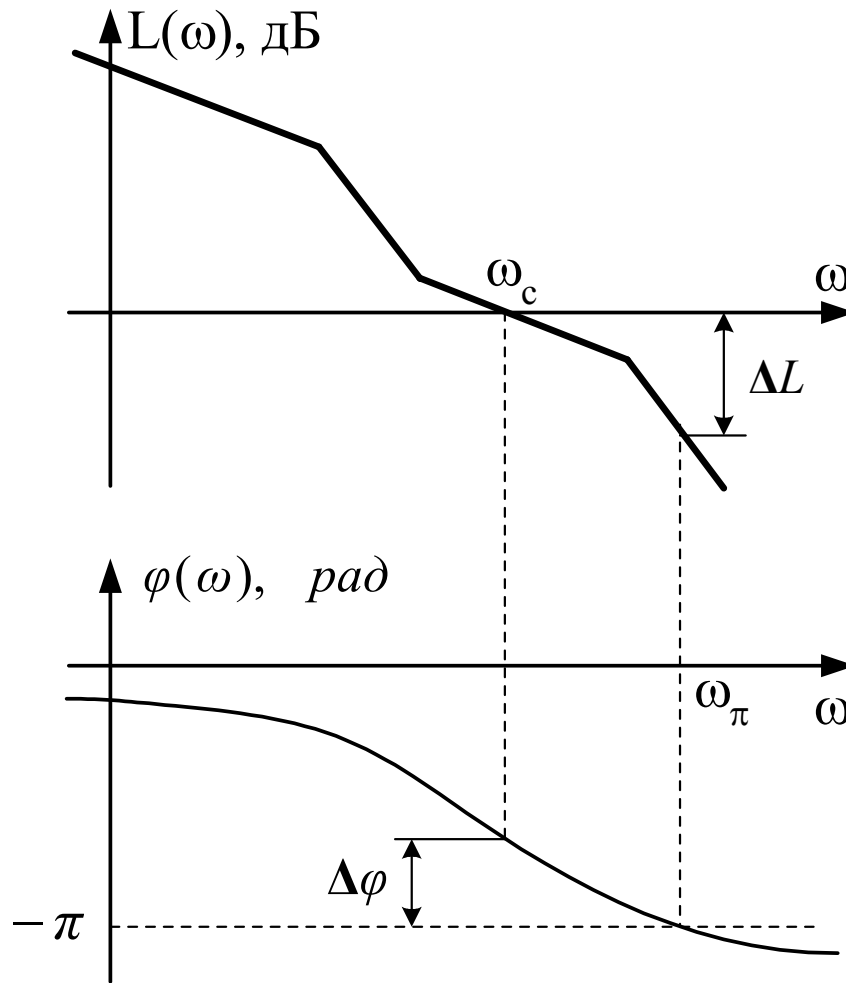


Рисунок 7.2 - Непрямі показники якості

По амплітудно-частотній характеристиці замкнутої системи $A(\omega)$ визначають таку оцінку, як показник коливальності

$$M = \frac{A(\omega)_{\max}}{A(0)}$$

Для систем задовільної якості показник коливальності звичайно не перевищує значення $M < 1.7$.

Щоб глибше зрозуміти оцінку якості систем за непрямими показниками, необхідно зіставити прямі оцінки з непрямими й побачити відповідність між ними.

7.2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати схему моделюємої системи згідно рис. 5.1.
2. Установити коефіцієнти $k_1 = k_2 = 1$, $a_1 = -2$, $a_2 = a_3 = -1$, $k_3 > 0$.
3. Зібрати схему досліджень згідно рис. 4.3. Після перевірки зібраної схеми викладачем включити АОК-6 кнопкою “МЕРЕЖА” і встановити 2-й режим роботи.
4. Змінюючи коефіцієнт підсилення системи (k_3), домогтися перехідного процесу з перерегулюванням, приблизно рівним $\sigma = 30\text{-}35\%$. Замалювати графік перехідного процесу. Виміряти коефіцієнт підсилення системи. Визначити прямі показники якості системи по кривій перехідного процесу.
5. Змінюючи коефіцієнт підсилення системи (k_3), домогтися перехідного процесу з перерегулюванням, приблизно рівним $\sigma = 40\text{-}45\%$. Замалювати графік перехідного процесу. Виміряти коефіцієнт підсилення системи. Визначити прямі показники якості системи по кривій перехідного процесу.
6. Побудувати ЛАЧХ і ЛФЧХ системи з коефіцієнтами підсилення, які були виміряні в п.3 і п.4.
7. По логарифмічних частотних характеристиках визначити непрямі показники якості й відповідність їхнім показникам якості, отриманим у п.3 і п.4.
8. Для замкнутої системи, що відповідає п.3 і п.4 побудувати амплітудно-частотні характеристики замкнутої системи й визначити показники якості.

9. Для замкнутої системи, що відповідає п.3 і п.4 побудувати дійсні частотні характеристики замкнутої системи й по них виконати непряму оцінку якості.

7.3. ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт по лабораторній роботі повинен містити:

1. Короткий опис завдання й методу дослідження.
2. Схему моделювання.
3. Графіки перехідних процесів із вказівкою результатів вимірів.
4. Розрахунок показників якості по кривих перехідних процесів.
5. Логарифмічні амплітудні й фазові частотні характеристики системи.
6. Показники якості по ЛАЧХ і ЛФЧХ.
7. Амплітудно-частотні характеристики замкнутої системи й показники якості, обумовлені по них.
8. Дійсні частотні характеристики замкнутої системи й показники якості, обумовлені по них.
9. Виводи по роботі з аналізом результатів досліджень і розрахунків.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зайців Г.Ф., Стеклов В.К., Бріцький О.І. Теорія автоматичного управління. - К., Техніка, 2002.- 688 с.
2. Лукас В.А. Теорія автоматичного управління.- М.: Надра, 1990.- 416 с.
3. Теорія автоматичного управління. / Під ред. А.А.Воронова - М.: Вища школа, 1986, ч. 1, 2.
4. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теорія автоматичного регулювання. - М.: Наука, 1972. -768 с.
5. Попів Е.П. Теорія лінійних систем автоматичного регулювання й управління. - М.: Наука, 1978. - 256 с.
6. Збірник завдань по теорії автоматичного регулювання й управління. За редакцією В.А. Бесекерського, видання п'яте, перероблене, видавництво "Наука", М., 1978. - 512 с.
7. Архангельський Е.А. Моделювання на аналогових обчислювальних машинах, - Л.: Сергия, 1972. - 308 с.
8. Алексаков Г.Н., Гаврилин В.В., Федоров Э-А» Методичні рекомендації з роботи з персональним - аналоговим комп'ютером АОК-6.(Ч.1 -Ч.6).- М.: Інженерний центр МИФИ, 1989. - 285 с.

Навчальне видання
Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Теорія
автоматичного управління"

Частина 1

Для студентів, що навчаються по напрямку

6.050201 "Системна інженерія"

(для денної й заочної форм навчання)

Укладачі:

Федюн Роман Валерійович

Попов Владислав Олександрович

Найдьонова Тетяна Володимирівна