**Практична робота №4**

**Аналіз складної системи управління за її математичною моделлю**

**Мета практичної роботи:** Використовуючи математичний апарат пакету прикладних програм Matlab,виконати аналіз складної системи управління, за її математичною моделлю, заданою у вигляді структурної схеми автоматичного регулювання (САР). В процесі виконання практичного завдання, з використанням технічної підтримки математичного пакету Matlab, ознайомитись із конфігураціями використовуваних функцій.

**Інформаційна частина**

Виклик технічної підтримки математичного пакету Matlab здійснюється за допомогою функції help(function name).

***Синтаксис:***

help impulse

**Короткі відомості з теорії автоматичного управління (керування).**

***Автоматичне управління*** *–*в техніці, сукупність дій, направлених на підтримку або поліпшення функціонування керованого об'єкту без безпосередньої участі людини відповідно до заданої мети управління. Автоматизоване управління широко застосовується в багатьох технічних і біотехнічних системах для виконання операцій, не здійсненних людиною у зв'язку з необхідністю переробки великої кількості інформації в обмежений час, для підвищення продуктивності праці, якості і точність регулювання, звільнення людини від управління системами, що функціонують в умовах відносної недоступності або небезпечних для здоров'я*.*Мета управління тим або іншим чином зв'язується із зміною в часі регульованої (керованою) величини – вихідної величини керованого об'єкту. Для здійснення мети управління, з врахуванням особливостей керованих об'єктів різної природи і специфіки окремих класів систем, організовується дія на органи, що управляють, об'єкту – дія, що управляє. Воно призначене також для компенсації ефекту зовнішніх збурюючих дій, прагнучих порушити необхідну поведінку регульованої величини. Дія, що управляє, виробляється пристроєм управління (ПУ). Сукупність тих, що взаємодіють пристрою, що управляє, і керованого об'єкту утворює систему автоматичного управління.

***Система автоматичного управління* (*САУ*)** – підтримує або покращує функціонування керованого об'єкту. У ряді випадків допоміжні для САУ операції (пуск, зупинка контроль, наладка і так далі) також можуть бути автоматизовані. САУ функціонує в основному у складі виробничого або якого-небудь іншого комплексу.

***Теорія автоматичного управління*(*ТАУ*)** – вивчає принципи побудови систем автоматичного управління і закономірності процесів, що протікають в них, які вона досліджує на динамічних моделях дійсних систем з врахуванням умов роботи, конкретного призначення і конструктивних особливостей керованого об'єкту і автоматичних пристроїв, з метою побудови працездатних і точних систем управління. А так як ТАУ являється невід’ємною складовою системного аналізу та проектування в АСУ ТП, тому при аналізі складних систем управління застосовується таж сама методика дослідження.

**Основи структурної методики.**

###### *Структурною схемою* (*САР*) – називається графічне зображення, яке показує, з яких елементів складається система, і яким чином вони з'єднані між собою. Оскільки структурна схема відображає динамічні властивості системи, тому вона являється її математичною моделлю. Відповідно до структурної схеми завжди можна записати передаточну функцію системи та її диференціальне рівняння. А за заданою передаточною функцією, або складеним рівнянням динаміки функціонування системи керування можна виконати її аналіз.

***Передаточна функція*** – один із способів математичного опису динамічної системи. У теорії управління передаточна функція безперервної системи являє собою відношення перетворення за Лапласом вихідного сигналу до перетворення за Лапласом вхідного сигналу при нульових початкових умовах.

Основними елементами структурної схеми є:

1. Динамічні ланки спрямованої дії. Ланки зображуються прямокутниками, в які записуються оператори перетворення сигналів. У ланках спрямованої дії сигнал з входу передається на вихід. При зміні вхідного сигналу змінюється вихідний, при зміні вихідного сигналу вхідний не змінюється. При з'єднанні ланок спрямованої дії їх динамічні властивості не змінюються.
2. Зв'язки, які позначаються лініями зі стрілками, що вказують напрямок передачі сигналів. Розрізняють прямі і зворотні зв'язки.
3. Суматори, в яких підсумовуються або віднімаються сигнали, відповідно вирізняють суматори із додатнім та від’ємним зв’язком.
4. Вузли розгалуження, що позначаються точками, в яких сигнали розходяться на два або кілька напрямів.

На структурних схемах всі впливи описуються в зображеннях.

У структурних схемах використовуються такі види з'єднань елементів:

* послідовне;
* паралельне – узгоджене;
* паралельне – зустрічне.

## Послідовне з'єднання – це з'єднання, у якому вихідна величина попереднього ланки є вхідною для наступного (рис. 1).



Рис. 1.

;

.

Передаточна функція *послідовного з'єднання* – дорівнює добутку передатних функцій цих ланок:

 (1)

***Паралельне – погоджене з'єднання*** – це з'єднання, у якім вхідна величина є загальною для всіх ланок, а вихідна дорівнює сумі виходів кожної ланки (рис. 2).

;

;

.



Рис. 2.

Передаточна функція паралельного – погодженого з'єднання дорівнює сумі передатних функцій цих ланок:

 (2)

***Паралельне зустрічне з'єднання*** – це з'єднання, у якому вихідна величина назад подається на його вхід через іншу ланку. Таке з'єднання називається з'єднанням із зворотним зв'язком (рис. 3).

Зворотний зв'язок – може бути позитивний (якщо знак вхідного сигналу і сигналу зворотного зв’язку збігаються) і негативний (якщо вони протилежні за знаком).

На практиці широко використовується негативний зворотний зв'язок для стійкої роботи системи.

;

;



.

Функція всієї системи, при такому з’єднанні матиме вигляд:

**



Рис. 3.

**Запис передаточних функцій замкнених систем.**

***Замкнута система управління* –**система управління, в якій дія, що управляє, формується у функції відхилення значення керованої величини від необхідного закону її зміни.

Розглянемо замкнену систему керування на прикладі схеми з'єднання із зворотним зв'язком (рис. 4).

## Головна гілка ланцюга схеми керування – це гілка, що включає ланки між входом і виходом системи. Головний контур – це контур, що охоплює всі ланки.





Рис. 4.

Розглянемо з'єднання c одиничним зворотним зв'язком (рис. 5).



# 

Рис. 5.

# Перетворення структурних схем.

В більшості реальних випадків система може бути багатоконтурною. Але будь-яку багатоконтурну систему можна звести до одноконтурної, виконавши структурні перетворення.

Розглянемо правила перетворення структурних схем.

###### Перенос суматора із входу ланки на вихід (рис. 6).



# Рис. 6.

1. Перенос суматора з виходу ланки на вхід (рис. 7).



Рис. 7.

1. Перенос вузла із входу ланки на вихід (рис. 8).



Рис. 8.

1. Перенос вузла з виходу ланки на вхід (рис. 9).



#### Рис. 9.

***Рекомендація:*** при перетворенні структурних схем необхідно «тягти» вузол до вузла, а суматор до суматора.

**Практична частина**

Згідно варіанту завдання (рис. 10) виконати аналіз складної системи управління.



Рис. 10.





1. Створити m-файл, до якого занести передаточні коефіцієнти системи і сталі часу. Побудувати модель системи в Simulink (рис. 11) за заданою у завданні схемою (рис.10). Відобрази графік перехідного процесу (рис. 12) та оцінити якість системи. Для побудови перехідного процесу на вхід системи потрібно подати збурюючий сигнал типу одиничний стрибок.

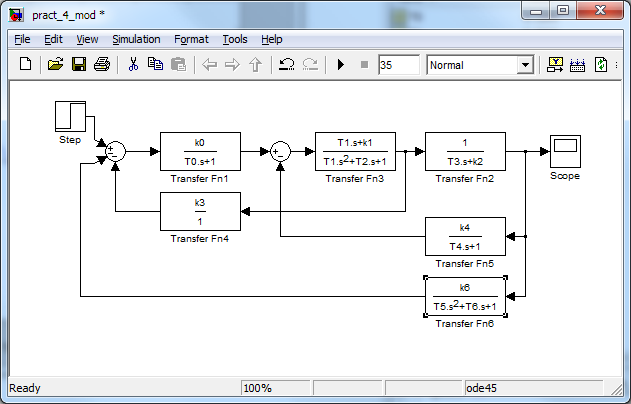


Рис. 11.

***Перехідний процес* (*ПП*)** – це процес зміни в часі координат [динамічної системи](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0), який виникає при переході з одного усталеного режиму роботи на інший. У динамічній системі ПП виникає під впливом збурюючих дій, які змінюють їх стан, структуру або параметри, та внаслідок ненульових початкових умов. Якщо на вхід системи подається сигнал типу одиничний стрибок, тоді систему можна описати перехідною функцією.

***Перехідна функція*** в теорії автоматичного керування – це реакція динамічної системи на вхідний вплив у вигляді функції Хевісайда. В залежності від додатку, за допомогою перехідної функції оцінюється якість системи.

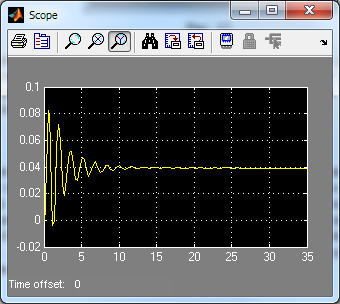


Рис. 12.

1. Охарактеризувати види динамічних ланок та тип перехідного процесу.
2. Задати опис системи управління у вигляді однієї передаточної функції замкненої системи за допомогою функції tf, попередньо перетворивши схему, за допомогою структурних перетворень (рис. 13).

 Рис. 13.

% Передаточні функції ланок

W1=tf([k0],[T0 1]);

W2=tf([T1 k1],[T1 T2 1]);

W3=tf([1],[T3 k2]);

W4=tf([k3],[1]);

W5=tf([k4],[T4 1]);

W6=tf([k6],[T5 T6 1]);

Wp=(W1\*W2\*W3);

% Передаточна функція зворотного зв’язку

Wz=(1/W3)\*W4+(1/W1)\*W5+W6;

% Передаточна функція замкненої системи

Ws=Wp/(1+Wp\*Wz);

1. Визначити нулі та полюси передаточної функції за допомогою функцій pole і zero та відокремити дійсну та уявну частини за допомогою функцій real і imag. Побудувати частотні характеристики: логарифмічну амплітудно-фазову частотну характеристику (ЛАФЧХ), скориставшись функцією bode (рис. 14), та амплітудно-фазову частотну характеристику (АФЧХ), або так званий годограф Найквіста, скориставшись функцією nyquist (рис. 15). За побудованими характеристиками зробити аналіз стійкості системи.



Рис. 14.

***Нулі*** передаточної функції – це корні відповідного характеристичного полінома (*р*), при яких передаточна функція прямує до нуля.

***Полюси*** передаточної функції – це корні відповідного характеристичного полінома (*р*), при яких передаточна функція прямує до нескінченності.

***Логарифмічна амплітудно-фазова частотна характеристика*** **(*ЛАФЧХ*)** – представлення частотного відгуку лінійної стаціонарної системи в логарифмічному масштабі. ЛАФЧХ будується у вигляді двох графіків: логарифмічною амплітудно-частотної характеристики і фазо-частотної характеристики , які зазвичай розташовуються один під одним.

***Увага:*** Система вважається стійною, якщо амплітудне значення в точці фази –π буде від’ємним (меншим нуля).

***Амплітудно-фазова частотна характеристика* (*АФЧХ*)** – зручне представлення частотного відгуку лінійної стаціонарної динамічної системи у вигляді графіка в комплексних координатах. На такому графіку частота виступає як параметр кривої, а фаза і амплітуда системи на заданій частоті представляється кутом і довжиною радіус-вектора кожної точки характеристики. По суті такий графік об'єднує на одній площині амплітудно-частотну і фазо-частотну характеристики.

***Увага:*** Система вважається стійкою, якщо петля годографа на охоплює точку -1 по осі дійсних значень.



Рис. 15.

1. Побудувати часові характеристики САК за допомогою додатку Control System Toolbox: перехідну – за допомогою функції step (рис.16) та імпульсну – за допомогою функції impulse (рис. 17). Порівняти значення перехідної характеристики загальної передаточної функції перетвореної схеми із значенням характеристики побудованої в Simulink.

***Імпульсна перехідна функція*** – вихідний сигнал динамічної системи, як реакція на вхідний сигнал у вигляді дельта-функції Дирака. В цифрових системах, як правило, вхідний сигнал являє собою імпульс мінімальної ширини (рівний періоду квантування для дискретних систем) і максимальної амплітуди. Отже імпульсною характеристикою системи (об’єкта керування) буде її реакція на одиничний імпульс при нульових початкових умовах

1. Зробити загальну оцінку системи по результатах проведеного аналізу.

****

Рис. 16.



Рис. 17.

**Завдання**

Нижче подані варіанти завдань математичних моделей, представлених структурними схемами САР та записані передаточні функції ланок.

В процесі виконання практичної роботи необхідно вибрати варіант, відповідно до списку журналу академгрупи та виконати такі завдання:

1. Охарактеризувати складну систему по його математичній моделі.
2. Виконати підбір передаточних коефіцієнтів *kn* та сталих часу *Tn* таким чином, щоб система була врегульованою.
3. Побудувати модель системи в Simulink та відобразити її перехідну характеристику. Оцінити якість системи.
4. Охарактеризувати види динамічних ланок та тип перехідного процесу.
5. Задати опис системи управління у вигляді однієї передаточної функції замкненої системи, попередньо перетворивши схему, за допомогою структурних перетворень.
6. Побудувати частотні характеристики: ЛАФЧХ та АФЧХ. Оцінити стійкість системи.
7. Побудувати часові характеристики САК. Порівняти значення перехідної характеристики загальної передаточної функції перетвореної схеми із значенням характеристики побудованої в Simulink.
8. Зробити загальну оцінку системи по результатах проведеного аналізу.
9. Оформити звіт. Звіт повинен містити: опис основних теоретичних положень, опис виконання всіх пунктів практичного завдання (в тому числі скріншоти графічних характеристик та лістинг програмного коду).

**Варіанти завдань**

**Варіант 1:**













**Варіант 2:**













**Варіант 3:**













**Варіант 4:**













**Варіант 5:**















**Варіант 6:**















**Варіант 7:**















**Варіант 8:**















**Варіант 9:**













**Варіант 10:**













**Варіант 11:**













**Варіант 12:**















**Варіант 13:**













**Варіант 14:**















**Варіант 15:**















**Варіант 16:**















**Варіант 17:**















**Варіант 18:**















**Варіант 19:**











**Варіант 20:**













**Контрольні запитання**

1. Дайте визначення поняттям аналіз та синтез.
2. Що являє собою структурна схема автоматичного регулювання?
3. Що таке передаточна функція?
4. Що являє собою ланка структурної схеми САР?
5. Охарактеризуйте паралельне з’єднання ланок структурної схеми САР.
6. Охарактеризуйте послідовне з’єднання ланок структурної схеми САР.
7. Охарактеризуйте паралельне – погоджене з'єднання ланок структурної схеми САР.
8. Охарактеризуйте паралельне – зустрічне з'єднання ланок структурної схеми САР.
9. Який тип зв’язку називається зворотним?
10. Охарактеризуйте замкнуту систему управління.
11. Яка гілка структурно схеми САР називається головною?
12. Опишіть правила перетворення структурних схем САР.
13. Дайте характеристику частотним методам аналізу САР.
14. Що означають нулі та полюcи передаточної функції?
15. Для чого виділяється дійсна та уявна частина при аналізі передаточної функції?
16. Що характеризує перехідний процес САР?