

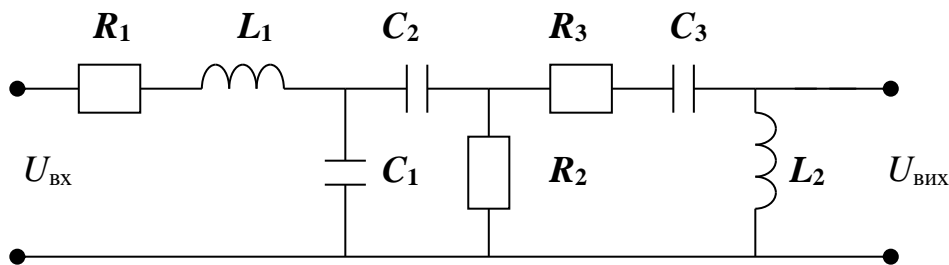
Лабораторна робота 5

Тема: дослідження системи управління

Мета: отримати практичні навички створення математичних моделей об'єктів, які складаються з типових елементів принципових схем.

Завдання для самостійної роботи

1. Навести структурну схему об'єкта, згідно з даними варіанта завдання та вихідних даних.
2. Навести математичну модель у вигляді передавальних функцій.
3. Навести математичну модель у вигляді диференціального рівняння.
4. Навести структурну схему моделі (пакет *MATLAB*) та її опис.
5. Навести дослідження моделі на адекватність при заданих типових



впливах: константа; δ -функція; синусоїдальний сигнал; лінійний сигнал.

Рисунок 1- Структурна схема об'єкта моделювання

Вихідні дані C (мкФ); L (мГн); R (МОм)

№ вар	R_1	R_2	R_3	L_1	L_2	C_1	C_2	C_3
12	1,0	0,4	0,9	1,5	0,23	1,9	1,5	2,9

Ємність вимірюється у мкФ; індуктивність – у мГн; опір – у МОм.

Структура і параметри фізичної моделі

Індивідуальна схема:

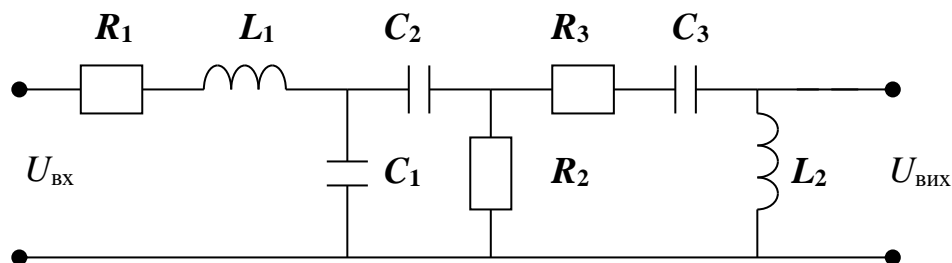
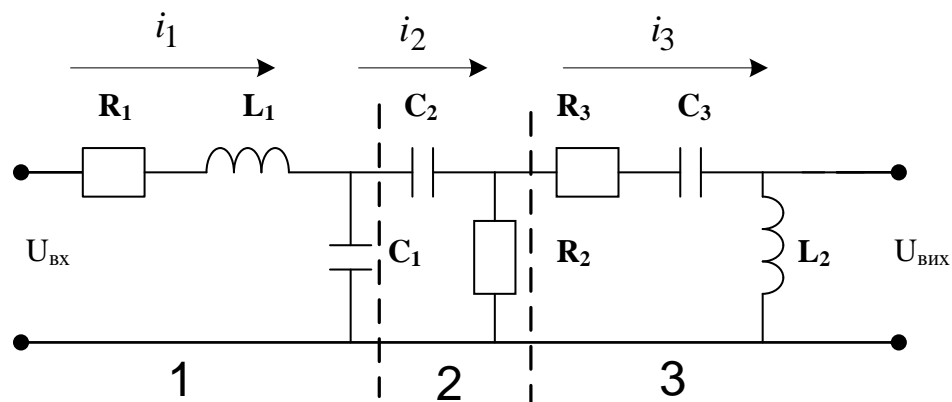


Рисунок 2 - Структурна схема фізичної системи

Індивідуальні дані:

№ вар	R_1	R_2	R_3	L_1	L_2	C_1	C_2	C_3
12	1,0	0,4	0,9	1,5	0,23	1,9	1,5	2,9

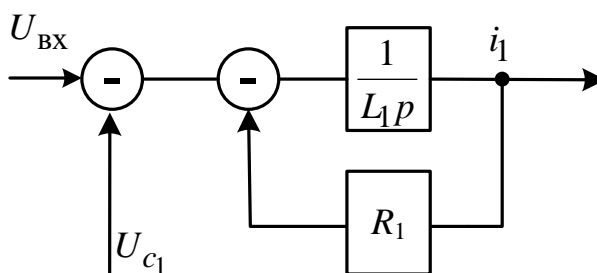
Розбиття схеми



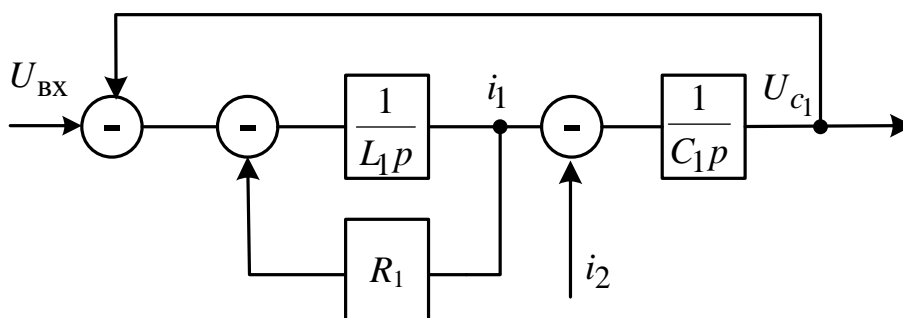
$U_{\text{вх}} = U_{R_1} + U_{L_1} + U_{C_1}$. Звідки $U_{\text{вх}} - U_{C_1} = U_{R_1} + U_{L_1}$. Отримати загальний струм i_1 можна, використовуючи залежності на одному з елементів R_1, L_1, C_1 , знаючи напругу на них:

$$U_{L_1} = U_{\text{вх}} - U_{C_1} - U_{R_1}; i_1 = U_{L_1} \frac{1}{L_1 p}; U_{R_1} = i_1 R_1.$$

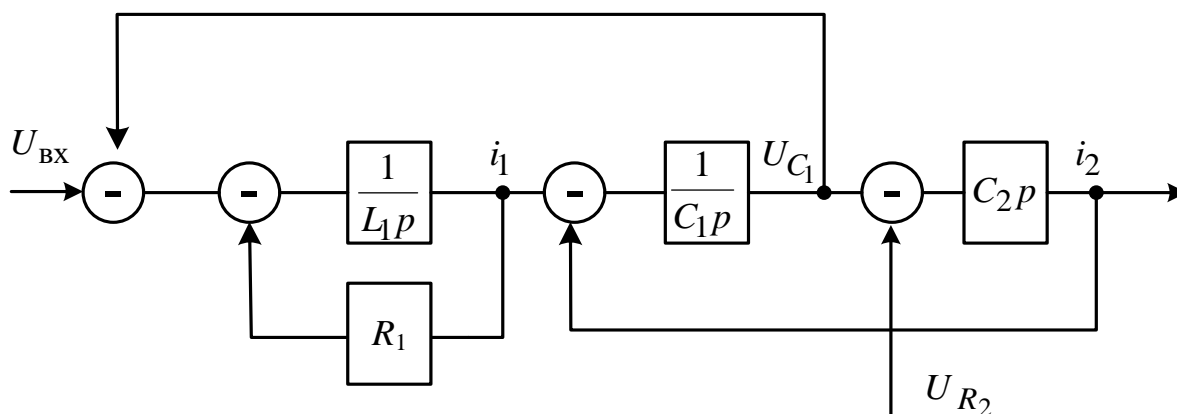
Тому перша частина схеми моделі буде мати вигляд:



Напруга U_{C_1} є напругою, яка подається на частину схеми, що залишилася. Тому її необхідно визначити. $U_{C_1} = i_{C_1} \frac{1}{C_1 p}$. Струм i_{C_1} можна знайти в такий спосіб: $i_{C_1} = i_1 - i_2$. Звідси схема моделі має вигляд:



Використовуючи напругу U_{C_1} , можна знайти напругу U_{C_2} : $U_{C_2} = U_{C_1} - U_{R_2}$, за допомогою якої отримати невідомий струм $i_2 = U_{C_2} \cdot C_2 p$:



Струм i_2 використаємо для знаходження струму $i_3 = i_2 - i_{R_2}$, який дозволить отримати напруги на елементах R_3, L_2, C_3 , доданок яких є напругою

$$U_{R_2} = U_{R_3} + U_{L_2} + U_{C_3}; \quad U_{R_3} = i_3 R_3; \quad U_{L_2} = U_{\text{вих}} = i_3 \cdot L_2 p; \quad U_{C_3} = i_3 \frac{1}{C_3 p};$$

$$i_{R_2} = \frac{U_{R_2}}{R_2}.$$

Таким чином отримаємо наступну схему у вигляді передавальних функцій (рис. 5.5).

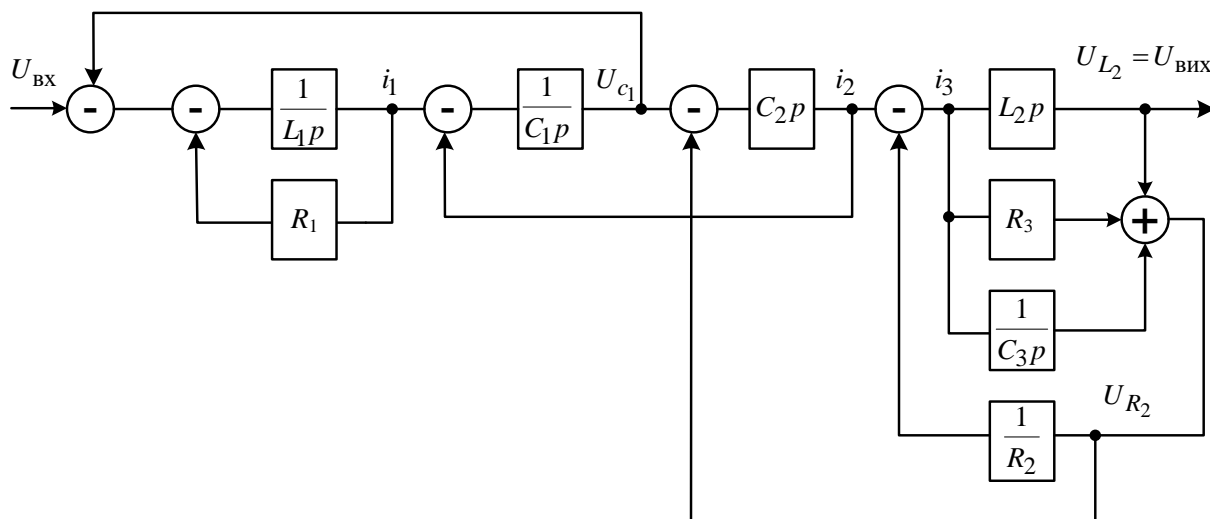


Рисунок 3 - Схема системи у вигляді передавальних функцій

Виконаємо спрощення цієї схеми, а саме отримання загальної передавальної функції. Для цього використаємо такі позначки:

$$W_1 = \frac{1}{L_1 p}; \quad W_2 = R_2; \quad W_3 = \frac{1}{C_1 p}; \quad W_4 = C_2 p; \quad W_5 = L_2 p; \quad W_6 = R_3; \quad W_7 = \frac{1}{C_3 p};$$

$$W_8 = \frac{1}{R_2} \text{ (рис. 5.6).}$$

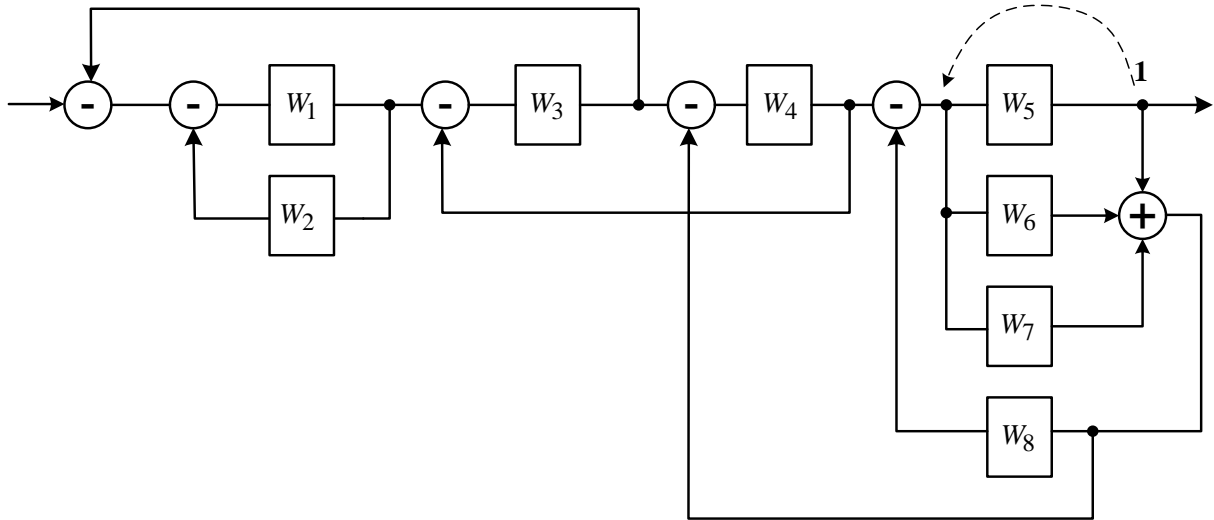
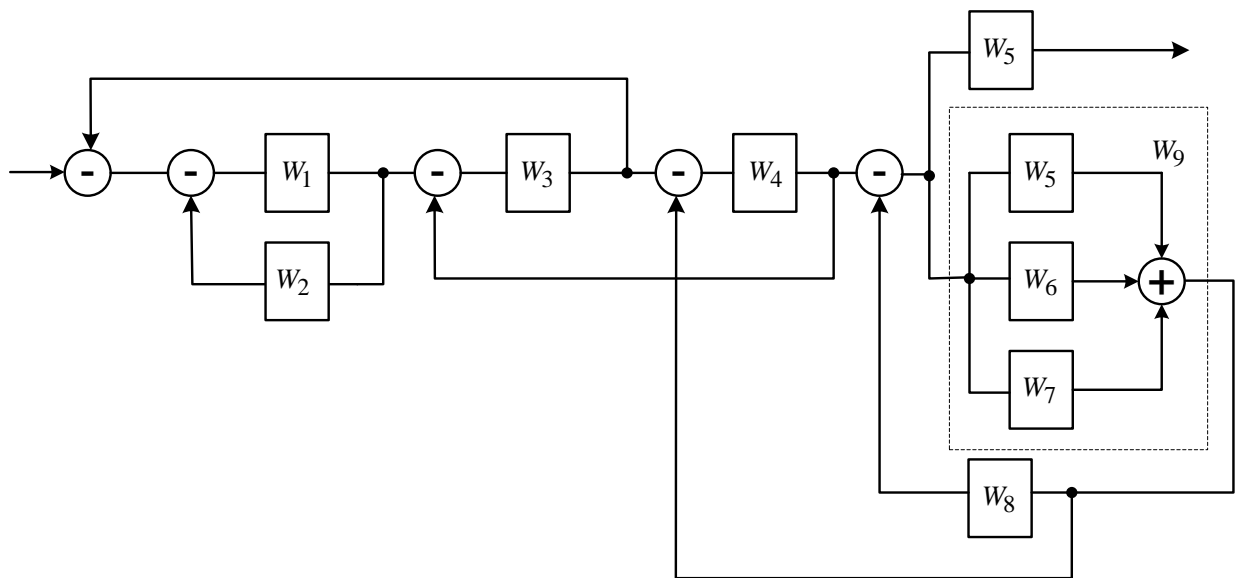


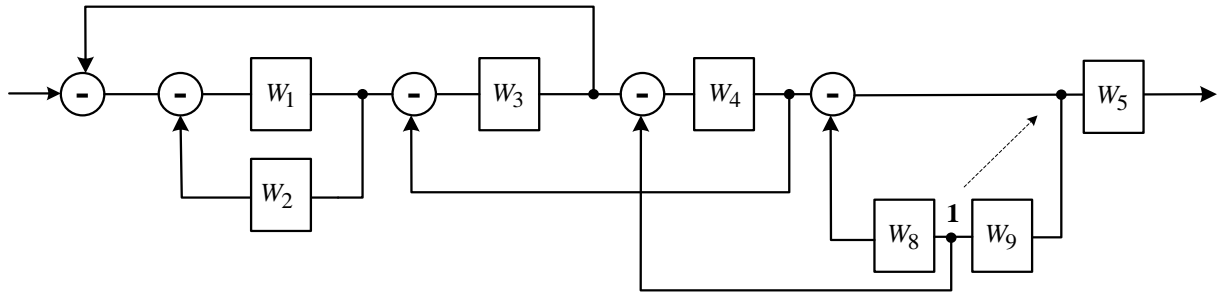
Рисунок 4 - Модель у вигляді передавальних функцій

Застосуємо формулу для отримання передавальної функції для паралельного з'єднання. Для цього перенесемо точку 1 через передавальну функцію W_5 . Отримаємо наступну схему:

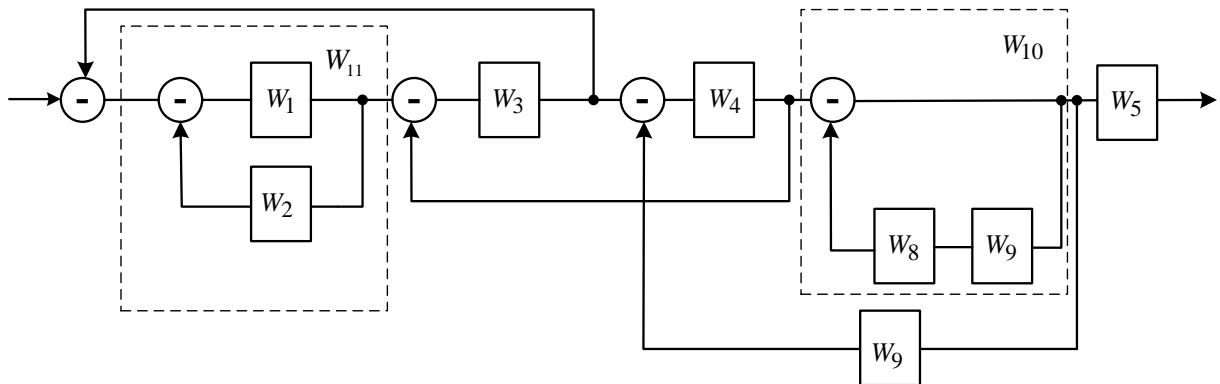


Звідки $W_9 = W_5 + W_6 + W_7$.

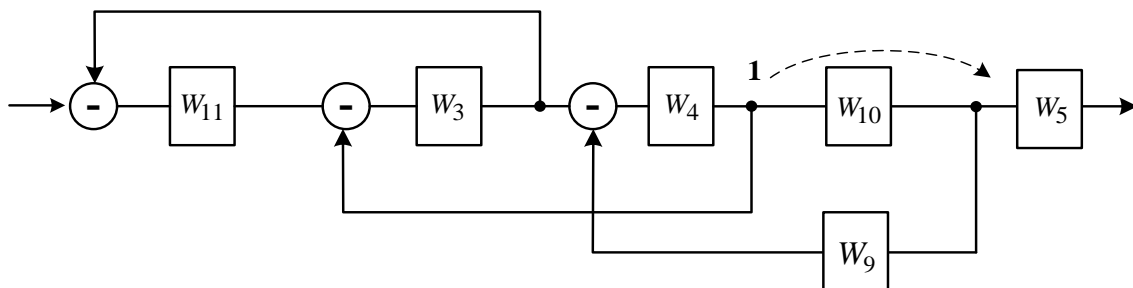
Після незначного перетворення отримаємо наступну схему:



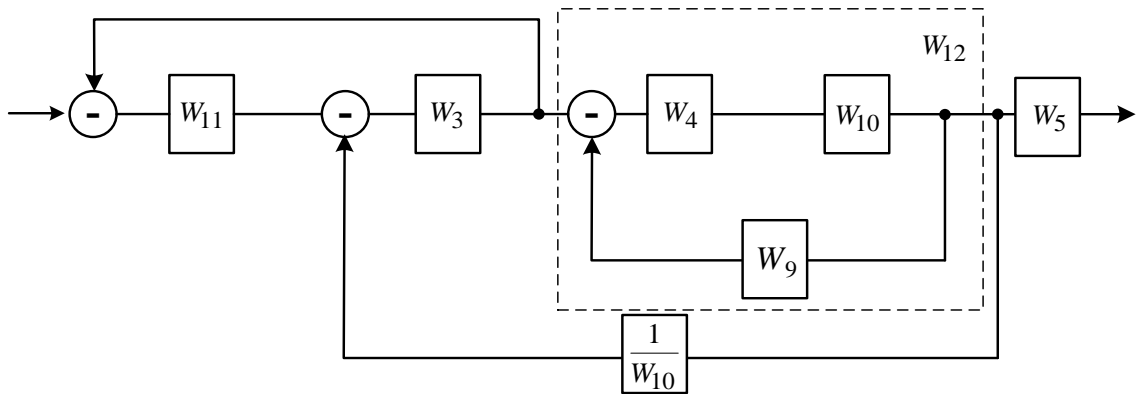
Перенесемо точку 1 через передавальну функцію W_9 .



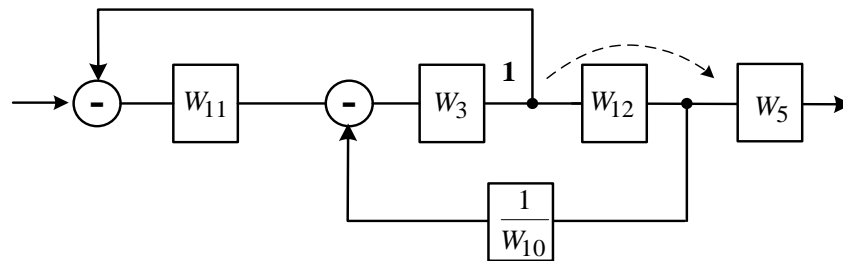
Передавальна функція $W_{10} = \frac{1}{1 + W_8 W_9}$, а $W_{11} = \frac{W_1}{1 + W_1 W_2}$.



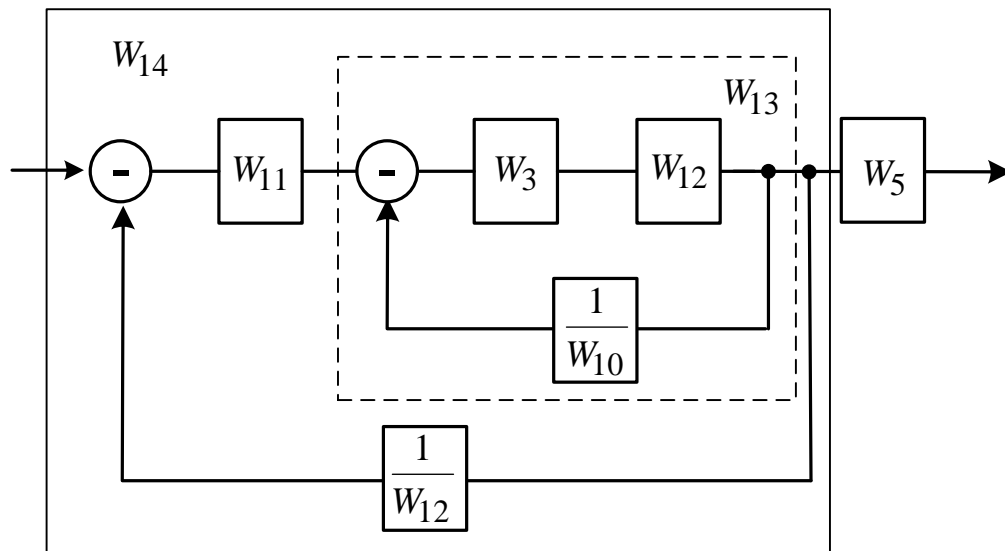
Перенесемо точку 1 через передавальну функцію W_{10} .



Передавальна функція $W_{12} = \frac{W_4 W_{10}}{1 + W_4 W_{10} W_9}$.



Перенесемо точку 1 через передавальну функцію W_{12} .



Після відповідних перетворень отримаємо:

$$W_{13} = \frac{W_3 W_{12}}{1 + W_3 W_{12} \frac{1}{W_{10}}} = \frac{W_3 W_{10} W_{12}}{W_{10} + W_3 W_{12}}; W_{14} = \frac{W_{11} W_{13}}{1 + W_{11} W_{13} \frac{1}{W_{12}}} = \frac{W_{11} W_{12} W_{13}}{W_{12} + W_{11} W_{13}}.$$

Таким чином, загальна передавальна функція має вигляд:

$$W_3 = W_{14} W_5.$$

Код програми

```
syms p;
R1=1; R2=0.4; R3=0.9; L1=1.5; L2=0.23; C1=1.9; C2=1.5;
C3=2.9;
W1=1/(L1*p); W2 = R2; W3=1/(C1*p); W4=C2*p; W5=L2*p;
W6=R3;
W7=1/(C3*p); W9=1/R2; W8=1/R2;
W9=W5+W6+W7; W10=1/(1+W8*W9); W11=W1/(1+W1*W2);
W12=(W4*W10)/(1+W9*W4*W10);
W13=(W3*W10*W12)/(W10+W3*W12);
W14=(W11*W12*W13)/(W12+W11*W13);
W=W14*W5;
pretty(collect(W));
```

Результат програми

У результаті отримаємо такий вираз для передавальної функції всієї системи:

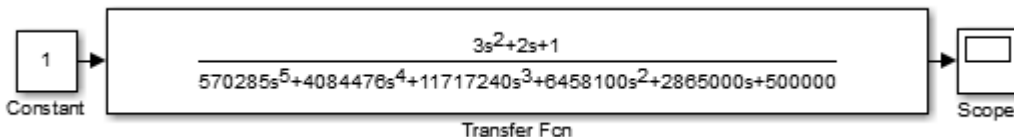
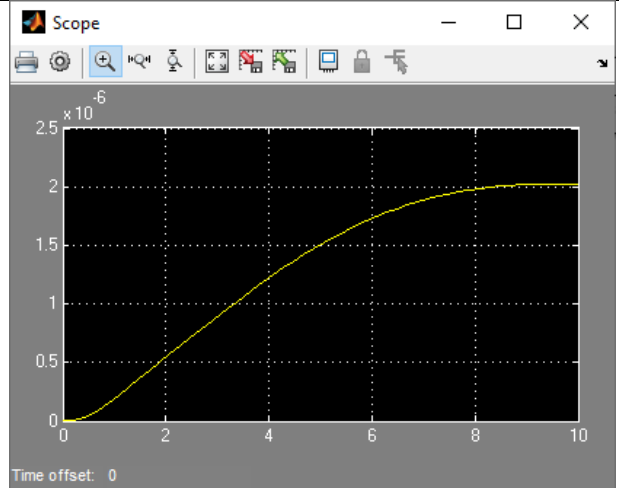
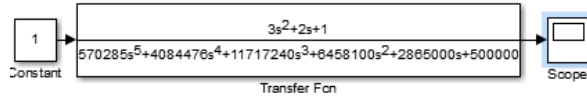
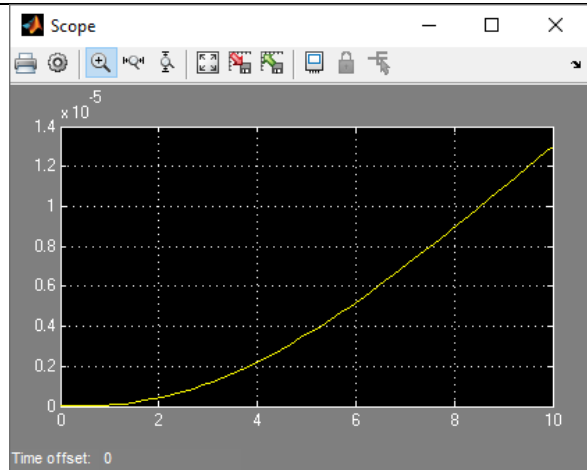
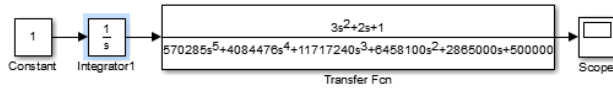
$$\frac{200100 p^3}{570285 p^5 + 4084476 p^4 + 11717240 p^3 + 6458100 p^2 + 2865000 p + 500000}$$


Рисунок 5 - Модель системи у *Simulink*

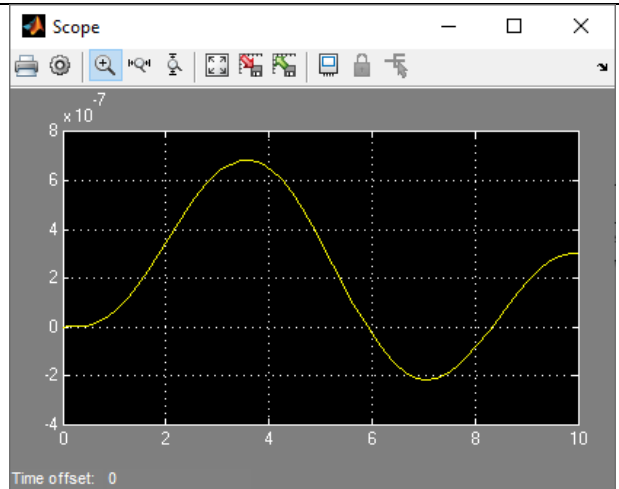
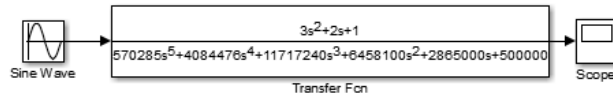
Одиничний вплив

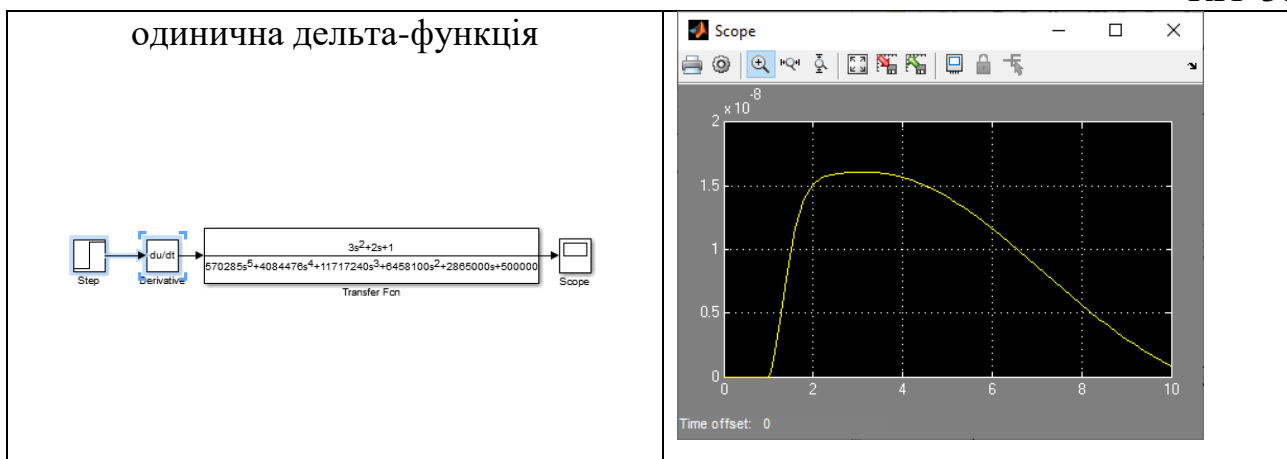


лінійний вплив



синусоїдальний вплив





Висновок

Навели структурну схему об'єкта, згідно з даними варіанта завдання та вихідних даних. Навели математичну модель у вигляді передавальних функцій. Навели математичну модель у вигляді диференціального рівняння. Навели структурну схему моделі (пакет *MATLAB*) та її опис. Навели дослідження моделі на адекватність при заданих типових впливах: константа; δ -функція; синусоїдальний сигнал; лінійний сигнал. Отримали практичні навички створення математичних моделей об'єктів, які складаються з типових елементів принципових схем.