

Завдання для самостійної роботи:

1. Перетворити рівняння динаміки системи до форми простору станів
2. Провести аналіз стійкості розімкненої системи
3. Провести синтез модального регулятора
 - 3.1. Перевірка керованості
 - 3.2. Розрахунок коефіцієнтів підсилення регулятора
4. Провести синтез спостерігача пристрою
 - 4.1. Перевірка спостережуваності
 - 4.2. Розрахунок коефіцієнтів підсилення спостерігача
5. Провести синтез оптимального фільтру Калмана.

1. Рівняння динаміки.

$$\begin{cases} (m_k + m_0)\ddot{x} + f_1\dot{x} + cx + m_0l\ddot{\varphi} = k_1i_1 - m_0gw \\ m_0l\ddot{x} + (J_0 + m_0l^2)\ddot{\varphi} + f_2\dot{\varphi} + m_0gl\varphi = k_2i_2 \\ T_1 \frac{di_1}{dt} + i_1 = \frac{1}{R_1}U_1 \\ T_2 \frac{di_2}{dt} + i_2 = 0 \end{cases}$$

U_1 - керуючий вплив,

w - випадковий збурюючий вплив типу «білий шум» ($Q_w = 0.01$)

2. Рівняння вимірювання

$$Y = CX + v$$

v - випадкова похибка типу «білий шум» в каналі вимірювання ($R = 0.01$)

Матриця вимірювання: $C = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$

3. Числові данні.

Позначення	Значення	Значення	Значення
m_0	2,5 кг	5 кг	2 кг
m_k	5 кг	10 кг	8 кг
J_0	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²
f_1	7,5 Н м с	7,5 Н м с	7,5 Н м с
f_2	1,2 Н м с	1,2 Н м с	1,2 Н м с
c	400 Н м ⁻¹	500 Н м ⁻¹	600 Н м ⁻¹
l	0,2 м	0,3 м	0,4 м
g	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²
T_1	0,5	0,5	0,5
T_2	0,1	0,1	0,1
R_1	150 Ом	150 Ом	150 Ом
R_2	100 Ом	100 Ом	100 Ом
$k=k_1=k_2$	1,5	1	2

Характеристики регулятора: Біном Ньютона, $\omega_0 = 10$

Характеристики спостерігача: Поліном Батерворта, $\omega_0 = 20$

1. Рівняння динаміки.

$$\begin{cases} m\ddot{x} + f_1\dot{x} + cx + ml\ddot{\varphi} + mg\varphi = cw \\ ml\ddot{x} + mgx + (J_0 + ml^2)\ddot{\varphi} + f_2\dot{\varphi} + mgl\varphi = k_2U_2 \end{cases}$$

U_2 - керуючий вплив,

w - випадковий збурючий вплив типу «білий шум» ($Q_w = 0.05$)

2. Рівняння вимірювання

$$Y = CX + v$$

v - випадкова похибка типу «білий шум» в каналі вимірювання ($R = 0.01$)

Матриця вимірювання: $C = [1 \ 0 \ 0 \ 0]$

3. Числові данні.

<i>Позначення</i>	<i>Значення</i>	<i>Значення</i>	<i>Значення</i>
m	5 кг	10 кг	15 кг
J_0	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²
f_1	7,5 Н м с	7,5 Н м с	7,5 Н м с
f_2	1,2 Н м с	1,2 Н м с	1,2 Н м с
c	400 Н м ⁻¹	500 Н м ⁻¹	600 Н м ⁻¹
l	0,3 м	0,3 м	0,3 м
g	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²
k_2	1,1	2	1,5

Характеристики регулятора: Поліном Батерворта, $\omega_0 = 5$

Характеристики спостерігача: Біном Ньютона, $\omega_0 = 10$

1. Рівняння динаміки.

$$\begin{cases} (m_k + m_0)\ddot{x} + f_1\dot{x} + cx + m_0l\ddot{\phi} = k_1i_1 - m_0gw \\ m_0l\ddot{x} + (J_0 + m_0l^2)\ddot{\phi} + f_2\dot{\phi} + m_0gl\phi = 0 \\ T_1 \frac{di_1}{dt} + i_1 = \frac{1}{R_1}U_1 \end{cases}$$

U_1 - керуючий вплив,

w - випадковий збурючий вплив типу «білий шум» ($Q_w = 0.02$)

2. Рівняння вимірювання

$$Y = CX + v$$

v - випадкова похибка типу «білий шум» в каналі вимірювання ($R = 0.01$)

Матриця вимірювання: $C = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$

3. Числові данні.

<i>Позначення</i>	<i>Значення</i>	<i>Значення</i>	<i>Значення</i>
m_0	2,5 кг	5 кг	2 кг
m_k	5 кг	10 кг	8 кг
J_0	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²
f_1	7,5 Н м с	7,5 Н м с	7,5 Н м с
f_2	1,2 Н м с	1,2 Н м с	1,2 Н м с
c	400 Н м ⁻¹	500 Н м ⁻¹	600 Н м ⁻¹
l	0,2 м	0,3 м	0,4 м
g	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²
T_1	0,5	0,5	0,5
T_2	0,1	0,1	0,1
R_1	150 Ом	150 Ом	150 Ом
R_2	100 Ом	100 Ом	100 Ом
$k=k_1=k_2$	1,5	1	2

Характеристики регулятора: Поліном Батерворта, $\omega_0 = 15$

Характеристики спостерігача: Біном Ньютона, $\omega_0 = 20$

1. Рівняння динаміки.

$$\begin{cases} (m_k + m_0)\ddot{x} + f_1\dot{x} + cx + m_0l\ddot{\phi} = k_1i_1 - m_0gw \\ m_0l\ddot{x} + (J_0 + m_0l^2)\ddot{\phi} + f_2\dot{\phi} + m_0gl\phi = k_2i_2 \\ T_1 \frac{di_1}{dt} + i_1 = 0 \\ T_2 \frac{di_2}{dt} + i_2 = \frac{1}{R_2}U_2 \end{cases}$$

U_2 - керуючий вплив,

w - випадковий збурюючий вплив типу «білий шум» ($Q_w = 0.01$)

2. Рівняння вимірювання

$$Y = CX + v$$

v - випадкова похибка типу «білий шум» в каналі вимірювання ($R = 0.01$)

Матриця вимірювання: $C = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$

3. Числові данні.

Позначення	Значення	Значення	Значення
m_0	2,5 кг	5 кг	2 кг
m_k	5 кг	10 кг	8 кг
J_0	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²
f_1	7,5 Н м с	7,5 Н м с	7,5 Н м с
f_2	1,2 Н м с	1,2 Н м с	1,2 Н м с
c	400 Н м ⁻¹	500 Н м ⁻¹	600 Н м ⁻¹
l	0,2 м	0,3 м	0,4 м
g	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²
T_1	0,5	0,5	0,5
T_2	0,1	0,1	0,1
R_1	150 Ом	150 Ом	150 Ом
R_2	100 Ом	100 Ом	100 Ом
$k=k_1=k_2$	1,5	1	2

Характеристики регулятора: Біном Ньютона, $\omega_0 = 5$

Характеристики спостерігача: Поліном Батерворта, $\omega_0 = 10$

1. Рівняння динаміки.

$$\begin{cases} m\ddot{x} + f_1\dot{x} + cx + ml\ddot{\varphi} + mg\varphi = k_1i_1 + cw \\ ml\ddot{x} + mgx + (J_0 + ml^2)\ddot{\varphi} + f_2\dot{\varphi} + mgl\varphi = k_2i_2 \\ T_1 \frac{di_1}{dt} + i_1 = 0 \\ T_2 \frac{di_2}{dt} + i_2 = \frac{1}{R_2}U_2 \end{cases}$$

U_2 - керуючий вплив,

w - випадковий збурюючий вплив типу «білий шум» ($Q_w = 0.01$)

2. Рівняння вимірювання

$$Y = CX + v$$

v - випадкова похибка типу «білий шум» в каналі вимірювання ($R = 0.01$)

Матриця вимірювання: $C = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]$

3. Числові данні.

Позначення	Значення	Значення	Значення
m	5 кг	10 кг	8 кг
J_0	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²
f_1	7,5 Н м с	7,5 Н м с	7,5 Н м с
f_2	1,2 Н м с	1,2 Н м с	1,2 Н м с
c	400 Н м ⁻¹	500 Н м ⁻¹	600 Н м ⁻¹
l	0,2 м	0,3 м	0,4 м
g	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²
T_1	0,5	0,5	0,5
T_2	0,1	0,1	0,1
R_1	150 Ом	150 Ом	150 Ом
R_2	100 Ом	200 Ом	300 Ом
$k=k_1=k_2$	1,5	1	2

Характеристики регулятора: Мінімум середнього квадрата похибки, $\omega_0 = 5$

Характеристики спостерігача: Поліном Батерворта, $\omega_0 = 10$

1. Рівняння динаміки.

$$\begin{cases} m\ddot{x} + f_1\dot{x} + cx + ml\ddot{\varphi} + mg\varphi = cw \\ ml\ddot{x} + mgx + (J_0 + ml^2)\ddot{\varphi} + f_2\dot{\varphi} + mgl\varphi = k_2i_2 \\ T_2 \frac{di_2}{dt} + i_2 = \frac{1}{R_2}U_2 \end{cases}$$

U_2 - керуючий вплив,

w - випадковий збурючий вплив типу «білий шум» ($Q_w = 0.01$)

2. Рівняння вимірювання

$$Y = CX + v$$

v - випадкова похибка типу «білий шум» в каналі вимірювання ($R = 0.01$)

Матриця вимірювання: $C = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$

3. Числові данні.

<i>Позначення</i>	<i>Значення</i>	<i>Значення</i>	<i>Значення</i>
m	5 кг	10 кг	8 кг
J_0	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²
f_1	7,5 Н м с	7,5 Н м с	7,5 Н м с
f_2	1,2 Н м с	1,2 Н м с	1,2 Н м с
c	400 Н м ⁻¹	500 Н м ⁻¹	600 Н м ⁻¹
l	0,2 м	0,3 м	0,4 м
g	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²
T_2	0,1	0,1	0,1
R_2	100 Ом	200 Ом	300 Ом
$k=k_1=k_2$	1,5	1	2

Характеристики регулятора: Мінімум середнього квадрата похибки, $\omega_0 = 7$

Характеристики спостерігача: Біном Ньютона, $\omega_0 = 10$

1. Рівняння динаміки.

$$\begin{cases} J_1 \ddot{\alpha} + H \dot{\beta} + f_1 \dot{\alpha} + H \omega \alpha = k U_1 \\ J_2 \ddot{\beta} - H \dot{\alpha} + f_2 \dot{\beta} + H \omega \beta + mgl \beta = mgw \end{cases}$$

U_1 - керуючий вплив,

w - випадковий збурючий вплив типу «білий шум» ($Q_w = 0.01$)

2. Рівняння вимірювання

$$Y = CX + v$$

v - випадкова похибка типу «білий шум» в каналі вимірювання ($R = 0.01$)

Матриця вимірювання: $C = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$

3. Числові данні.

Позначення	Значення	Значення	Значення
m	1,5 кг	1 кг	0,8 кг
J_1	0,5 кг м ²	0,5 кг м ²	0,5 кг м ²
J_2	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²
f_1	0,01 Н м с	0,01 Н м с	0,01 Н м с
f_2	0,02 Н м с	0,02 Н м с	0,02 Н м с
ω	0,05 1/с	0,01 1/с	0,02 1/с
H	1 Нмс	0,4 Нмс	0,1 Нмс
l	0,2 м	0,3 м	0,1 м
g	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²
k	1,5	1	2

Характеристики регулятора: Мінімум середнього квадрата похибки, $\omega_0 = 10$

Характеристики спостерігача: Поліном Батерворта, $\omega_0 = 20$

1. Рівняння динаміки.

$$\begin{cases} m\ddot{x} + f_1\dot{x} + cx + ml\ddot{\phi} + mg\phi = 0 \\ ml\ddot{x} + mgx + (J_0 + ml^2)\ddot{\phi} + f_2\dot{\phi} + mgl\phi = k_1i_1 + mgw \\ T_1 \frac{di_1}{dt} + i_1 = \frac{1}{R_1}U_1 \end{cases}$$

U_1 - керуючий вплив,

w - випадковий збурюючий вплив типу «білий шум» ($Q_w = 0.02$)

2. Рівняння вимірювання

$$Y = CX + v$$

v - випадкова похибка типу «білий шум» в каналі вимірювання ($R = 0.01$)

Матриця вимірювання: $C = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0]$

3. Числові данні.

<i>Позначення</i>	<i>Значення</i>	<i>Значення</i>	<i>Значення</i>
m	5 кг	10 кг	8 кг
J_0	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²
f_1	7,5 Н м с	7,5 Н м с	7,5 Н м с
f_2	1,2 Н м с	1,2 Н м с	1,2 Н м с
c	400 Н м ⁻¹	500 Н м ⁻¹	600 Н м ⁻¹
l	0,2 м	0,3 м	0,4 м
g	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²
T_1	0,1	0,1	0,1
R_1	100 Ом	200 Ом	300 Ом
$k=k_1=k_2$	1,5	1	2

Характеристики регулятора: Поліном Батерворта, $\omega_0 = 5$

Характеристики спостерігача: Біном Ньютона, $\omega_0 = 10$

1. Рівняння динаміки.

$$\begin{cases} m\ddot{x} + f_1\dot{x} + cx + ml\ddot{\phi} + mg\phi = 0 \\ ml\ddot{x} + mgx + (J_0 + ml^2)\ddot{\phi} + f_2\dot{\phi} + mgl\phi = k_1i_1 + f_2w \\ T_1 \frac{di_1}{dt} + i_1 = \frac{1}{R_1}U_1 \end{cases}$$

U_1 - керуючий вплив,

w - випадковий збурюючий вплив типу «білий шум» ($Q_w = 0.02$)

2. Рівняння вимірювання

$$Y = CX + v$$

v - випадкова похибка типу «білий шум» в каналі вимірювання ($R = 0.05$)

Матриця вимірювання: $C = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$

3. Числові данні.

<i>Позначення</i>	<i>Значення</i>	<i>Значення</i>	<i>Значення</i>
m	5 кг	10 кг	8 кг
J_0	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²	1,2 кг м ²
f_1	7,5 Н м с	7,5 Н м с	7,5 Н м с
f_2	1,2 Н м с	1,2 Н м с	1,2 Н м с
c	400 Н м ⁻¹	500 Н м ⁻¹	600 Н м ⁻¹
l	0,2 м	0,3 м	0,4 м
g	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²	9,8 м с ⁻²
T_1	0,1	0,1	0,1
R_1	100 Ом	200 Ом	300 Ом
$k=k_1=k_2$	1,5	1	2

Характеристики регулятора: Біном Ньютона, $\omega_0 = 5$

Характеристики спостерігача: Біном Ньютона, $\omega_0 = 10$

