

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Факультет інформатики та обчислювальної техніки  
Кафедра технічної кібернетики

Теорія автоматичного управління - 1  
Комп'ютерний практикум № 4  
«Аналіз стійкості систем автоматичного управління»

**Перевірив:**

ст. вик. каф. ТК  
Цьопа Н. В.

**Виконали:**

Студенти групи ІК-72  
Мащенко Б. В.  
Міщенко Р. В.

Київ  
НТУУ «КПІ імені Сікорського»  
2019

# Критерій Вишнеградського

Вар. 12:  $k_p = 4,5$ ;  $T_0 = 0,41$

$$I_1/W(s) = k_p \cdot w_1(s) \cdot w_0(s) = k_p \cdot \frac{k_0}{s(1+sT_0)} \cdot \frac{1}{(1+sT_1)}$$

$O_1 - P_1$  
$$s(1+sT_0)(1+sT_1) + k_p \cdot k_0 = 0$$

$$(s+s^2T_0)(1+sT_1) + k_p k_0 = 0$$

$$s + s^2T_1 + s^2T_0 + s^3T_0T_1 + k_p k_0 = 0$$

$$s^3T_0T_1 + s^2(T_1+T_0) + s + k_p k_0 = 0$$

$$a_3 = T_0T_1$$

$$a_2 = T_1 + T_0$$

$$a_1 = 1$$

$$a_0 = k_p k_0$$

Стійкість за крит. Вишнеградського

$$a_1 a_2 > a_0 a_3 \quad \text{або} \quad T_1 + T_0 > k_p k_0 \cdot T_0 T_1$$

$$0,01 + 0,41 > 4,5 \cdot 10 \cdot 0,01 \cdot 0,41$$

$$0,42 > 0,1845 \quad - \text{стійка}$$

2 
$$W(s) = k_p \cdot \frac{k_0}{s(1+sT_0)} \cdot \frac{1+sT_2}{1+sT_1}$$

$C_2: O_2 - P_2$

$$(s + s^2T_0)(1 + sT_1) + k_p k_0(1 + sT_2) = 0$$

$$s + s^2T_0 + s^2T_1 + s^3T_0T_1 + k_p k_0 + k_p k_0 sT_2 = 0$$

$$s(1 + k_p k_0 T_2) + s^2(T_0 + T_1) + s^3T_0T_1 + k_p k_0 = 0$$

$$a_3 = T_0T_1; \quad a_2 = T_0 + T_1; \quad a_1 = 1 + k_p k_0 T_2; \quad a_0 = k_p k_0$$

$$a_1 a_2 > a_0 a_3 \quad : \quad (T_0 + T_1)(1 + k_p k_0 T_2) > k_p k_0 \cdot T_0 T_1$$

$$(0,01 + 0,41)(1 + 4,5 \cdot 10 \cdot 0,1) > 4,5 \cdot 10 \cdot 0,01 \cdot 0,41$$

$$0,42 \cdot 1,1845 > 0,1845$$

$$0,49749 > 0,1845 \quad - \text{стійка}$$

$C_3: O_2 - P_1$

$$W(s) = k_p \cdot \frac{k_0}{s(1+sT_0)} \cdot \frac{1}{1+sT_1}$$



C<sub>4</sub>: O<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>

$$W(s) = k_p \cdot \frac{k_0}{s(-1+sT_0)} \cdot \frac{1+sT_2}{1+sT_1}$$

(3)

$$(-s+s^2T_0)(1+sT_1) + k_p k_0 + sT_2 k_p k_0 = 0$$

$$s^3 T_1 T_0 + s^2 (T_0 - T_1) + s (T_2 k_p k_0 - 1) + k_0 k_p = 0$$

$$a_3 = T_1 T_0 \quad a_2 = T_0 - T_1 \quad a_1 = T_2 k_p k_0 - 1 \quad a_0 = k_p k_0$$

$$a_1 a_2 > a_0 a_3 \Rightarrow (T_0 - T_1)(T_2 k_p k_0 - 1) > k_p k_0 T_1 T_0$$

$$0,4 \cdot (0,1 \cdot 4,5 \cdot 10 - 1) > 0,1845$$

$$1,4 > 0,1845 \quad - \text{цiўка}$$

$$(0,01 + 0,41) \cdot (1 + 4,5 \cdot 10 \cdot 0,1) > 4,5 \cdot 10 \cdot 0,1 \cdot 0,41$$

$$0,42 \cdot 1,1845 > 0,1845$$

$$0,49749 > 0,1845 \quad - \text{цiўка}$$

C<sub>3</sub>: O<sub>2</sub>-P<sub>1</sub>

$$W(s) = k_p \cdot \frac{k_0}{s(-1+sT_0)} \cdot \frac{1}{1+sT_1}$$

$$(-s+s^2T_0) \cdot (1+sT_1) + k_p k_0$$

$$-s - s^2 T_1 + s^2 T_0 + s^3 T_1 T_0 + k_p k_0 = 0 \Rightarrow s^3 T_1 T_0 + s^2 (T_0 - T_1) - s + k_p k_0 = 0$$

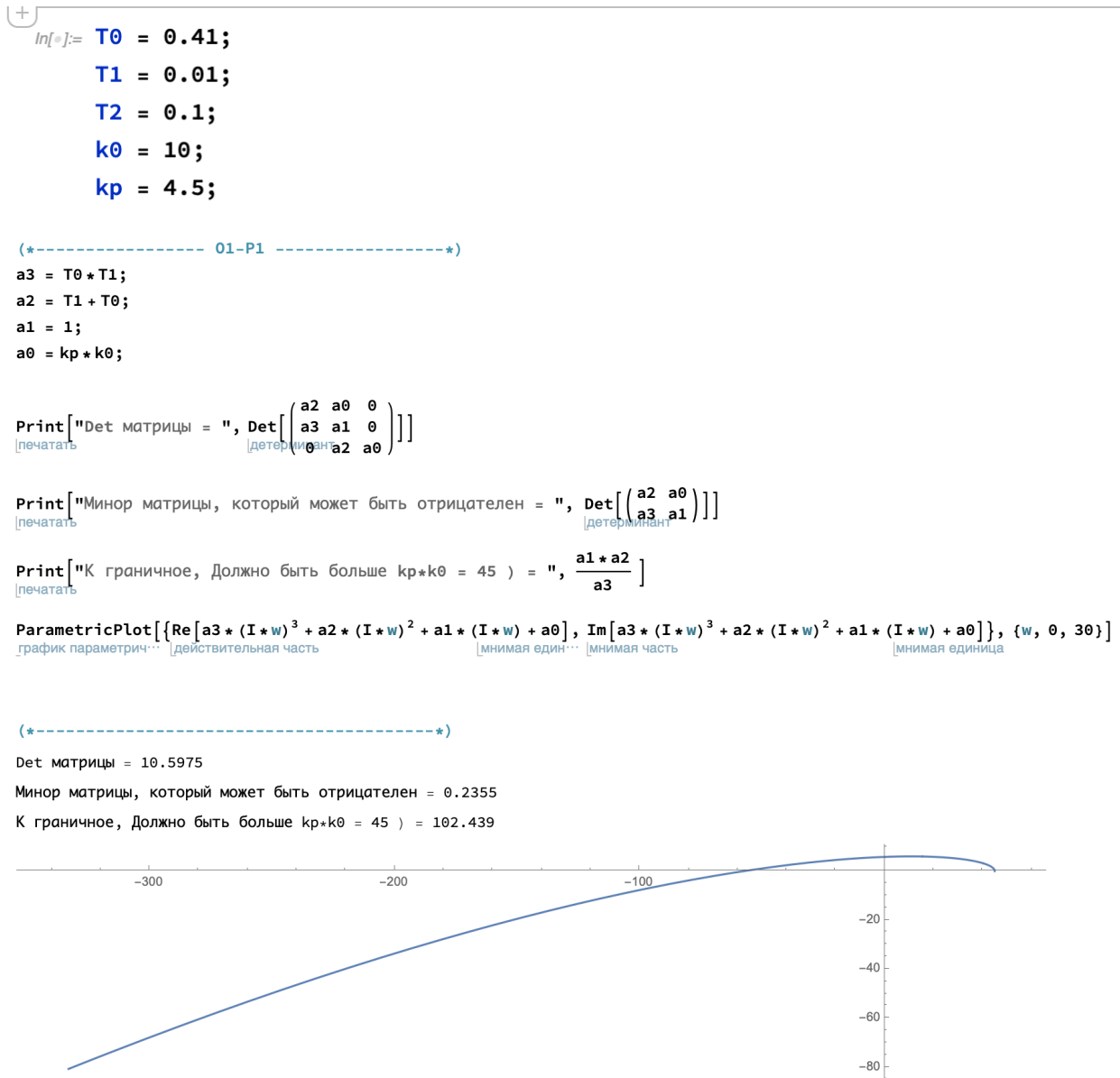
$$a_3 = T_1 T_0 \quad a_2 = T_0 - T_1 \quad a_1 = -1 \quad a_0 = k_p k_0$$

$$a_1 a_2 > a_0 a_3 \Rightarrow -1(T_0 - T_1) > k_p k_0 \cdot T_1 T_0$$

$$-1(0,41 - 0,01) > 0,1845$$

$$-0,4 > 0,1845 \quad - \text{нецiўка}$$

# Критерій Гурвіца, Алгебраїчний критерій, Годограф Михайлова



(\*----- 01-P2 -----\*)

```
In[77]:= a3 = T0 * T1;
a2 = T1 + T0;
a1 = 1 + kp * k0 * T2;
a0 = kp * k0;
```

```
Print["Det матрицы = ", Det[ $\begin{pmatrix} a2 & a0 & 0 \\ a3 & a1 & 0 \\ 0 & a2 & a0 \end{pmatrix}$ ]]
```

```
Print["Минор матрицы, который может быть отрицателен = ", Det[ $\begin{pmatrix} a2 & a0 \\ a3 & a1 \end{pmatrix}$ ]]
```

```
Print["К граничное, Должно быть больше kp*k0 = 45 ) = ",  $\frac{a1 * a2}{a3}$  ]
```

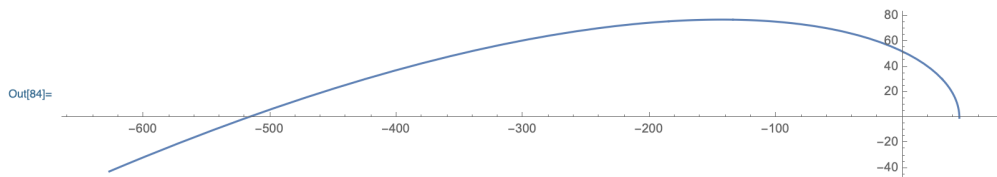
```
ParametricPlot[{Re[a3 * (I * w)3 + a2 * (I * w)2 + a1 * (I * w) + a0], Im[a3 * (I * w)3 + a2 * (I * w)2 + a1 * (I * w) + a0]}, {w, 0, 40}]
```

(\*-----\*)

Det матрицы = 95.6475

Минор матрицы, который может быть отрицателен = 2.1255

К граничное, Должно быть больше kp\*k0 = 45 ) = 563.415



(\*----- 02-P1 -----\*)

```
In[85]:= a3 = T0 * T1;
a2 = T1 + T0;
a1 = -1;
a0 = kp * k0;
```

```
Print["Det матрицы = ", Det[ $\begin{pmatrix} a2 & a0 & 0 \\ a3 & a1 & 0 \\ 0 & a2 & a0 \end{pmatrix}$ ]]
```

```
Print["Минор матрицы, который может быть отрицателен = ", Det[ $\begin{pmatrix} a2 & a0 \\ a3 & a1 \end{pmatrix}$ ]]
```

```
Print["К граничное, Должно быть больше kp*k0 = 45 ) = ",  $\frac{a1 * a2}{a3}$  ]
```

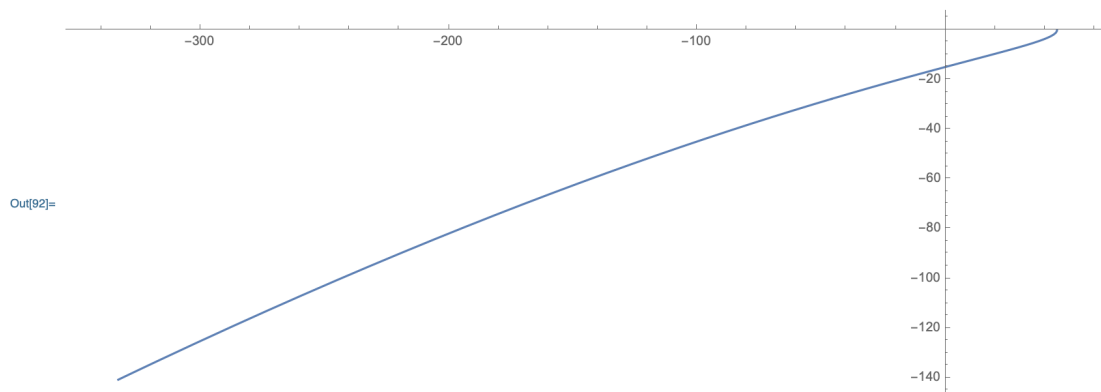
```
ParametricPlot[{Re[a3 * (I * w)3 + a2 * (I * w)2 + a1 * (I * w) + a0], Im[a3 * (I * w)3 + a2 * (I * w)2 + a1 * (I * w) + a0]}, {w, 0, 30}]
```

(\*-----\*)

Det матрицы = -27.2025

Минор матрицы, который может быть отрицателен = -0.6045

К граничное, Должно быть больше kp\*k0 = 45 ) = -102.439



```

In[93]:= (*----- 02-P2 -----*)
a3 = T0 * T1;
a2 = T1 + T0;
a1 = T2 * kp * k0 - 1;
a0 = kp * k0;

Print["Det матрицы = ", Det[ $\begin{pmatrix} a2 & a0 & 0 \\ a3 & a1 & 0 \\ 0 & a2 & a0 \end{pmatrix}$ ]]
[печатать] [детерминант]

Print["Минор матрицы, который может быть отрицателен = ", Det[ $\begin{pmatrix} a2 & a0 \\ a3 & a1 \end{pmatrix}$ ]]
[печатать] [детерминант]

Print["К граничное, Должно быть больше kp*k0 = 45 ) = ",  $\frac{a1 * a2}{a3}$ ]
[печатать]

ParametricPlot[{Re[a3 * (I * w)3 + a2 * (I * w)2 + a1 * (I * w) + a0], Im[a3 * (I * w)3 + a2 * (I * w)2 + a1 * (I * w) + a0]}, {w, 0, 40}]
[график параметрич...] [действительная часть] [мнимая един...] [мнимая часть] [мнимая единица]

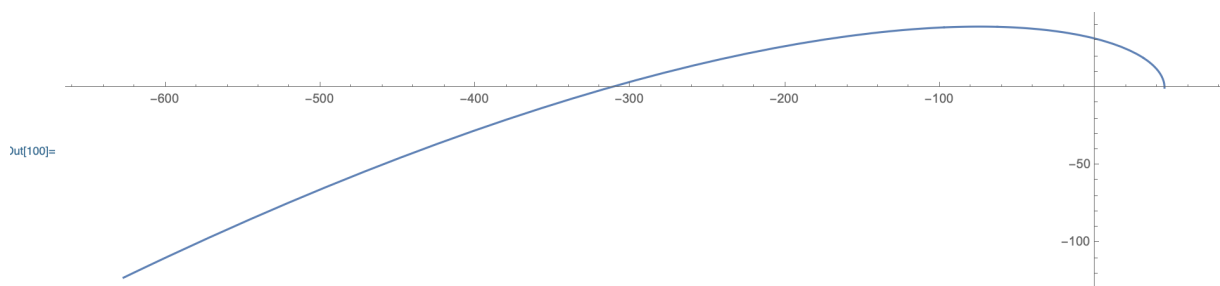
(*-----*)

```

Det матрицы = 57.8475

Минор матрицы, который может быть отрицателен = 1.2855

К граничное, Должно быть больше kp\*k0 = 45 ) = 358.537



**Висновок:** Під час виконання даної лабораторної роботи ми набули навичок визначення стійкості системи за такими критеріями: Вишнеградського, Гурвіца, Алгебраїчним та Михайлова. За результатами дослідів ми маємо, що стійкість системи визначається справедливо за всіма критеріями. В нашому випадку стійкими були 1, 2 та 4 системи.