

Министерство ФГБОУ
Югорский государственный университет
Институт цифровой экономики

Отчет о лабораторной работе №5

по дисциплине

«Аппаратное обеспечение вычислительных систем»

«Синтез регуляторов цифровых систем управления»

Вариант 2

Студент гр. 11916 Нестеров Даниил Александрович

Преподаватель. Усманов Р.Т.

Ханты-Мансийск

2022

Цель лабораторной работы

Изучить подходы к синтезу цифровых систем управления, приобрести навыки синтеза регуляторов цифровых систем автоматического управления

Задачи

1. Изучить основные теоретические сведения
2. Для заданной в варианте 28 передаточной функции рассчитать передаточную функцию регулятора, при которой статическая ошибка равна нули и переходный процесс заканчивается за конечное количество шагов
3. Произвести имитационное моделирование полученной системы управления с синтезированным регулятором в переходном режиме
4. Найти первый ненулевой коэффициент ошибки для полученной системы
5. Определить устойчивость разомкнутой и замкнутой систем, сделать вывод об изменении устойчивости в связи с применением регулятора

Ход работы

$$W(z) = \frac{b_0 z^2 + b_1 z + b_2}{a_0 z^3 + a_1 z^2 + a_2 z + a_3}, \text{ где}$$

a_0	a_1	a_2	a_3	b_0	b_1	b_2
15	-23.1	-0.6	9.488	0.54	0.12	0.17

$$W(z) = \frac{0.54z^2 + 0.12z + 0.17}{15z^3 - 23.1z^2 - 0.6z + 9.488} = \frac{P(z)}{Q(z)} = \frac{P_B(z)P_H(z)}{Q_B(z)Q_H(z)}, \text{ где}$$

$P_B(z)$, $Q_B(z)$ – полиномы, корни которых по модулю меньше единицы

$P_H(z)$, $Q_H(z)$ – полиномы, корни которых по модулю равны или больше единицы

Найдем эти полиномы:

$$P_B(z) = 0.54z^2 + 0.12z + 0.17$$

$$P_H(z) = 1$$

$$Q(z) = 1.2z^3 - 2.58z^2 + 1.2z + 1.66128 = 0$$

$$Q_B(z) = 15$$

$$Q_H(z) = z^3 - 1.54z^2 - 0.0400027z + 0.632532$$

r	n_Q	n_{P_B}	n_{Q_H}
1	3	2	3

r – степень астатизма системы

n_Q – максимальная степень полинома $Q(z)$

n_{P_B} – максимальная степень полинома $P_B(z)$

n_{Q_H} – максимальная степень полинома $Q_H(z)$

Найдем степень характеристического полинома синтезируемой системы:

$$n_G \geq n_{Q_H} + r + n_Q - 1 - n_{P_B}$$

$$n_G \geq 3 + 1 + 3 - 1 - 2 = 4$$

Возьмем минимальное значение $n_G = 4$.

$$G(z) = z^4$$

Далее найдем степени полиномов $M(z)$ и $N(z)$, требующиеся в дальнейшем

$$n_N = n_G - n_{Q_H} - r = 4 - 3 - 1 = 0$$

$$N(z) = a_0;$$

$$n_{Q_H} + r - 1 \leq n_M \leq n_{P_B} + n_G - n_Q$$

$$3 + 1 - 1 \leq n_M \leq 2 + 4 - 3$$

$$3 \leq n_M \leq 3$$

$$n_M = 3$$

$$M(z) = b_0 z^3 + b_1 z^2 + b_2 z + b_3$$

Теперь найдем полиномиальное уравнение и определим его коэффициенты.

$$P_H(z) M(z) + Q_H(z) N(z) (z - 1)^r = G(z)$$

$$1 * (b_0 z^3 + b_1 z^2 + b_2 z + b_3) + (z^3 - 1.54z^2 - 0.0400027z + 0.632532) * a_0 * (z - 1)^1 = z^4$$

$$a_0 z^4 + z^3(b_0 - 2.54a_0) + z^2(b_1 + 1.5a_0) + z(b_2 + 0.672535a_0) + (b_3 - 0.632532a_0) =$$

$$1z^4 + 0z^3 + 0z^2 + 0z + 0$$

Получаем систему уравнений

$$\begin{cases} a_0 = 1 \\ b_0 - 2.54a_0 = 0 \\ b_1 + 1.5a_0 = 0 \\ b_2 + 0.673535a_0 = 0 \\ b_3 - 0.632532a_0 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_0 = 1 \\ b_0 = 2.54 \\ b_1 = -1.5 \\ b_2 = -0.673535 \\ b_3 = 0.632532 \end{cases}$$

Подставим коэффициенты в $N(z)$ и $M(z)$.

$$M(z) = 2.54z^3 - 1.5z^2 - 0.673535z + 0.632532$$

$$N(z) = 1;$$

Теперь посчитаем передаточную функцию регулятора:

$$W_p(z) = \frac{Q_B(z)M(z)}{P_B(z)N(z)(z-1)^r} = \frac{38.1z^3 - 22.5z^2 - 10.103z + 9.48798}{0.54z^3 - 0.42z^2 + 0.05z - 0.17}$$

Построим схему и проведем моделирование систем уравнения

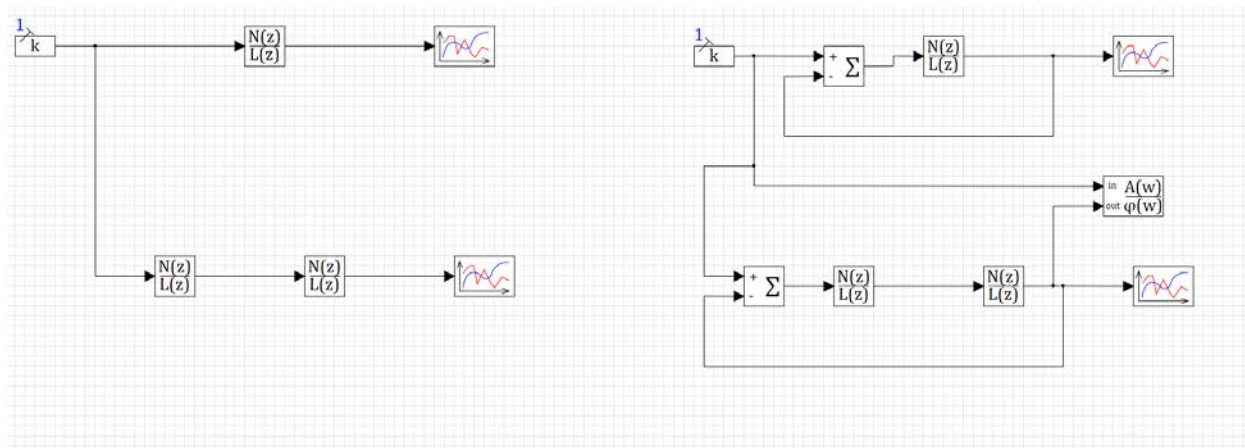


Рис. 1 – схема в SimInTech

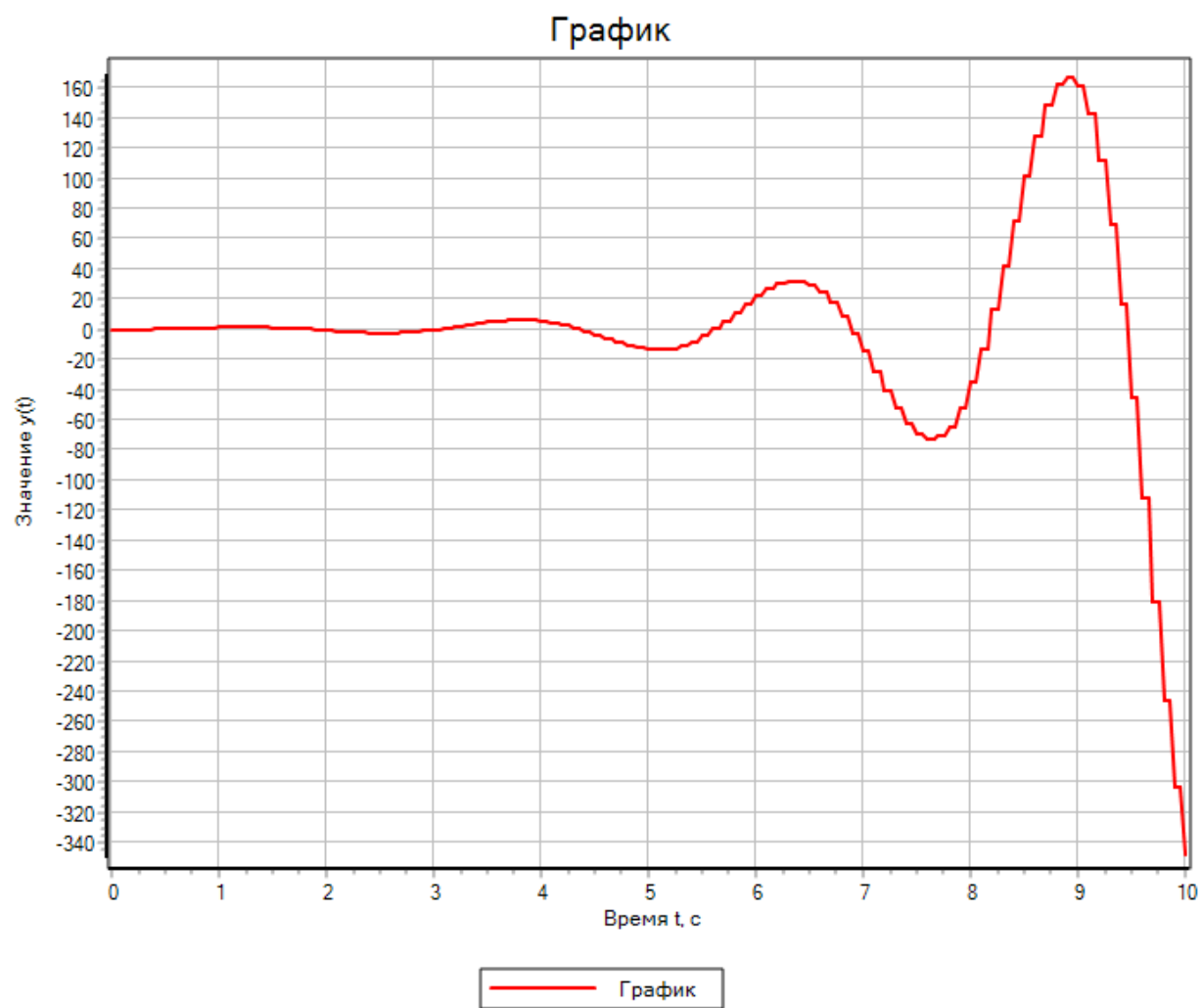


Рис. 2 – график без регулятора

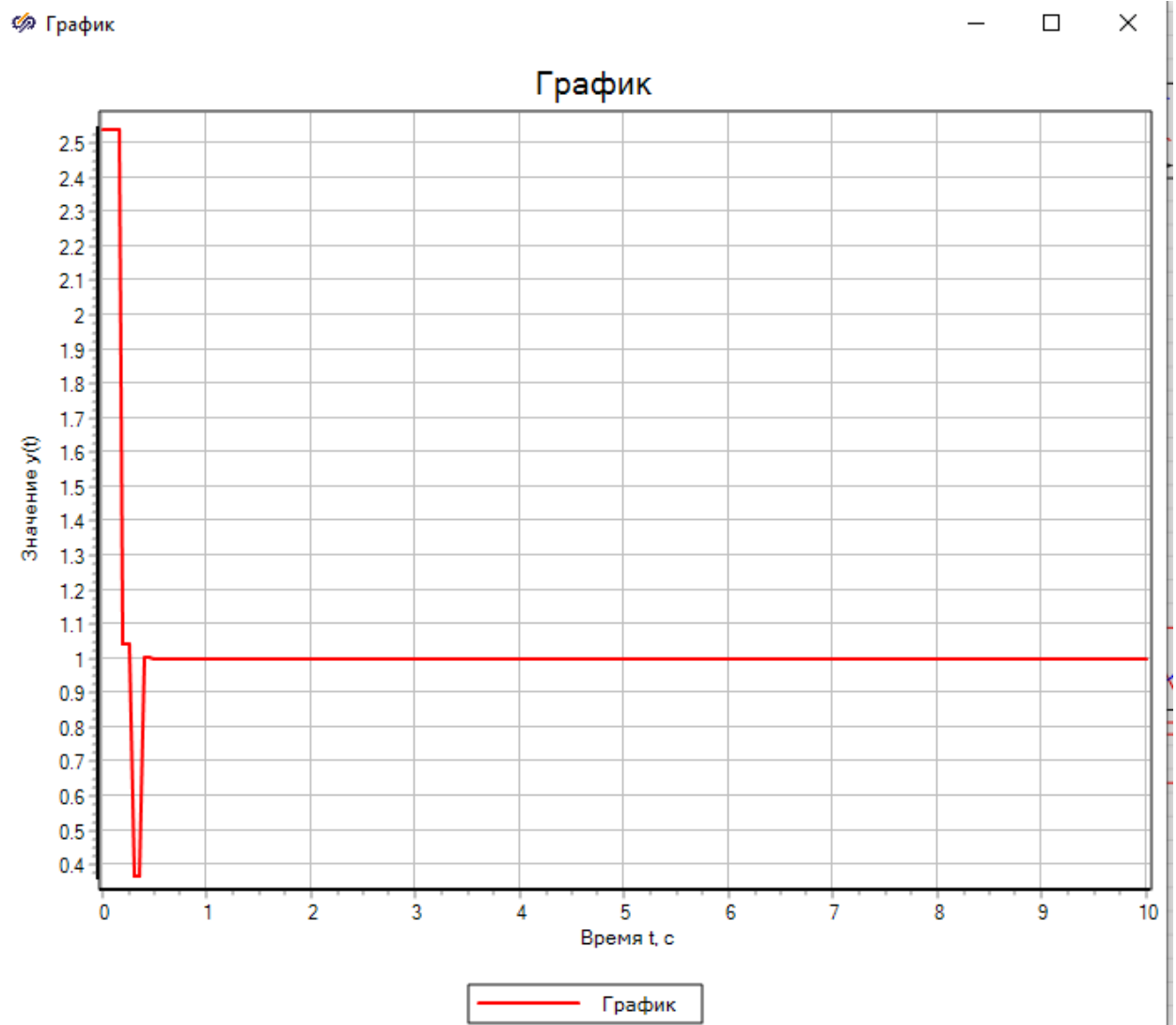


Рис. 3 – график с регулятором

Найдем первый ненулевой коэффициент ошибки для данной системы.

$$C_k = \frac{1}{i!k} W_{0k}(z), \text{ где } z = 1, k = 0, 1, 2 \dots$$

$$W_{00} = W(z), W_{01} = W'_{00} \text{ и так далее.}$$

Таким образом:

$$C_0 = 0$$

Значит первый не 0 коэффициент ошибки невозможно найти.

По критерию устойчивости Найквиста, для того, чтоб замкнутая система была устойчивой, необходимо чтоб амплитудно-частотная характеристика разомкнутой системы при изменении частоты охватывала точку $(-1, 0i)$ $3/2=1$ раз.

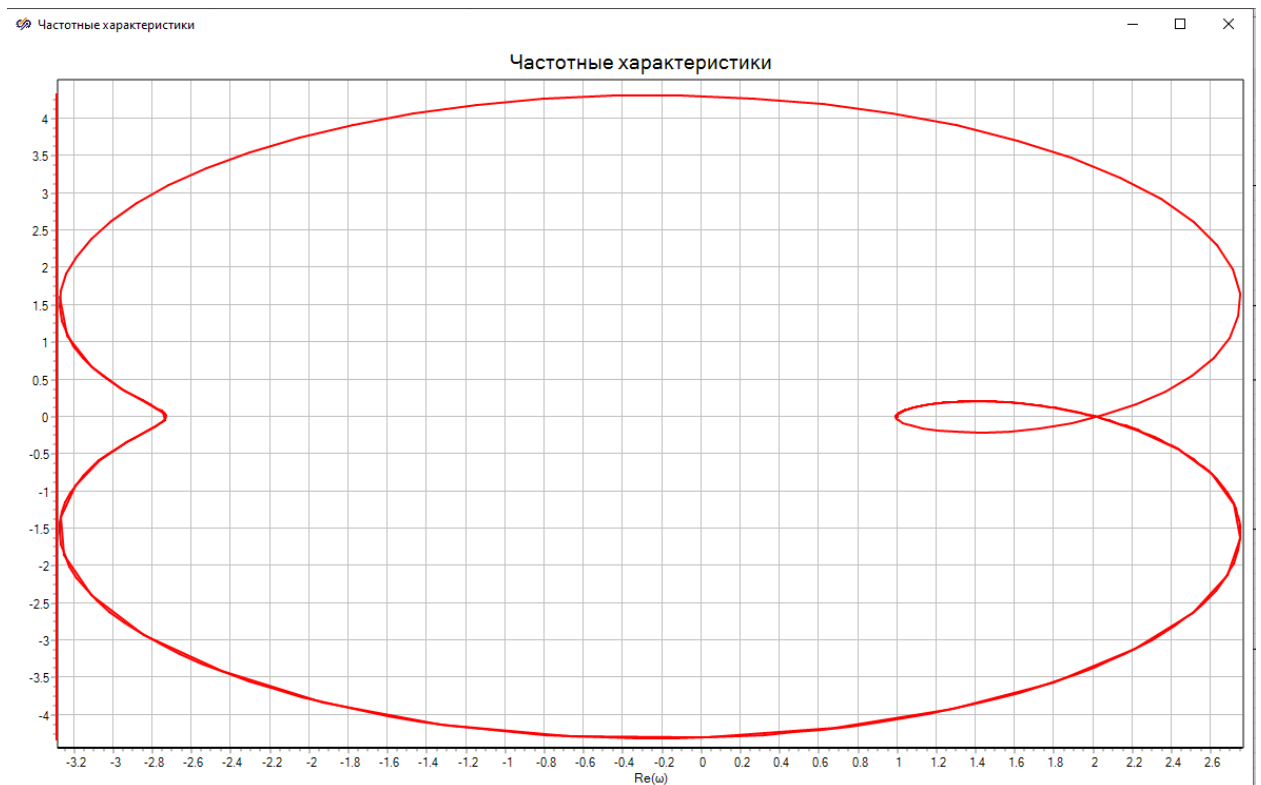


Рис. 4 – амплитудно-частотная характеристика разомкнутой системы $W_{c.p}(z)$

По данному критерию выходит, что замкнутая система является устойчивой, что является правдой.

Разомкнутая система является неустойчивой, так как корни по модулю больше 1.

Заключение

В ходе выполнения работы было выполнено:

1. Изучены основные теоретические сведения
2. Рассчитана передаточная функция регулятора
3. Построена схема систем с наличием регулятора и его отсутствием для замкнутой и разомкнутой систем и построены графики
4. Выявлено, что найти первый ненулевой коэффициент ошибки не представляется возможным
5. Определена устойчивость разомкнутой и замкнутой систем, сделан вывод об изменении устойчивости в связи с применением регулятора