

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ» ИМ. В. И.
УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)

Кафедра САУ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №5

по дисциплине «Нелинейные системы управления»

Тема: исследование фазовых траекторий нелинейной системы

Вариант 9

Студенты гр. 9491

Преподаватель

Санкт-Петербург

2022

Горобец А. А.
Масинович. А. А.
Лавриновский В. С.

Цель работы.

Исследование фазовых траекторий релейных систем с различными типами релейных характеристик.

Ход выполнения работы.

- 1) На рис. 1 представлена модель системы управления с двухпозиционным реле.

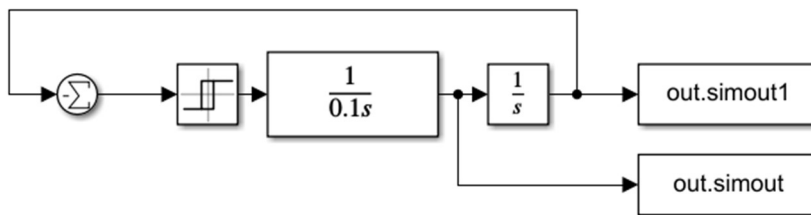


Рис. 1. Структурная схема системы управления с двухпозиционным реле.

Построим фазовую траекторию (рис. 2).

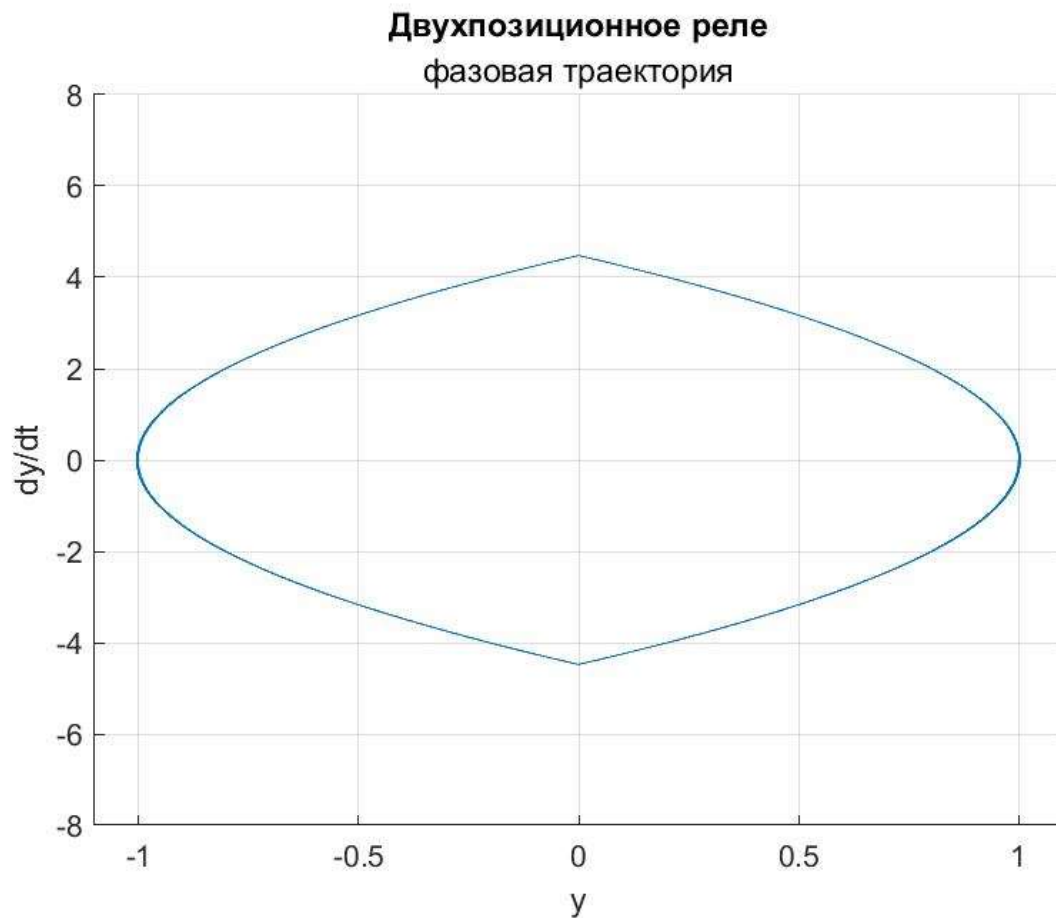


Рис. 2. Фазовая траектория системы управления с двухпозиционным реле.

Построим график скорости выходного сигнала (рис. 3).

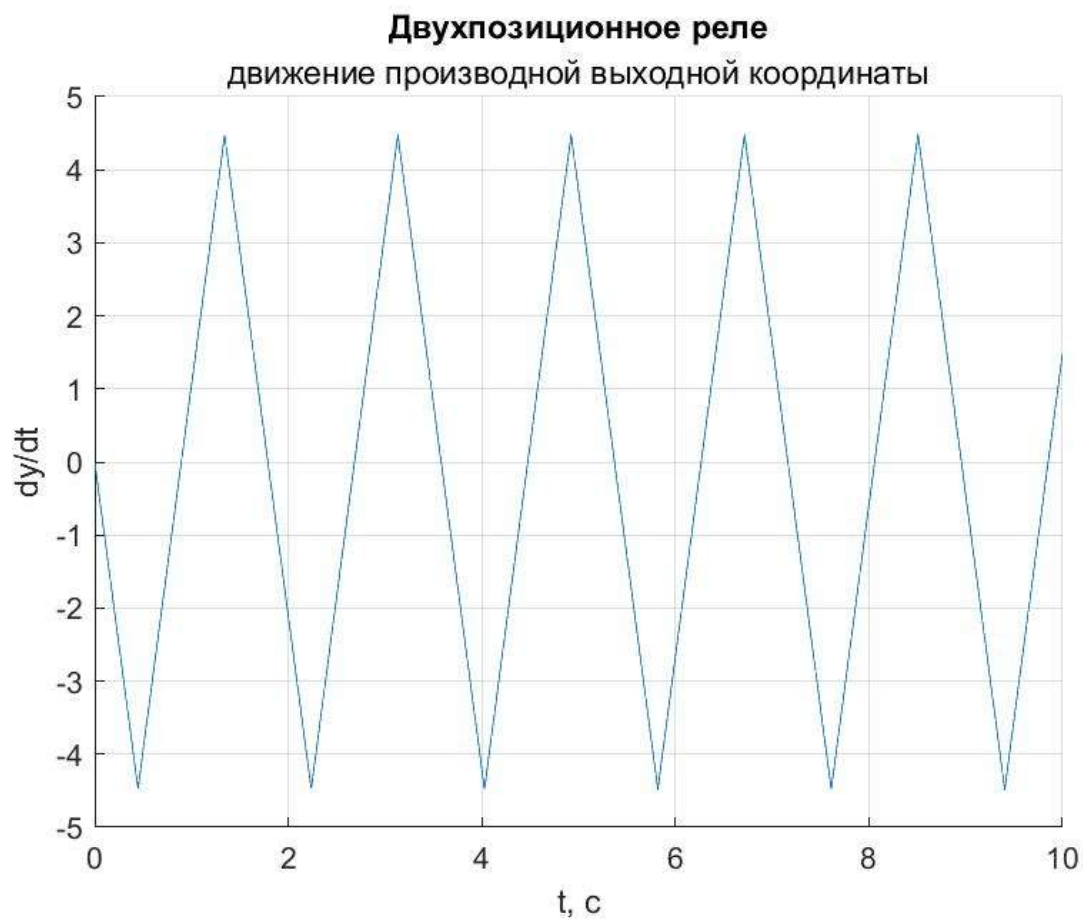


Рис. 3. График скорости движения выходной координаты.

Построим график выходного сигнала (рис. 4).

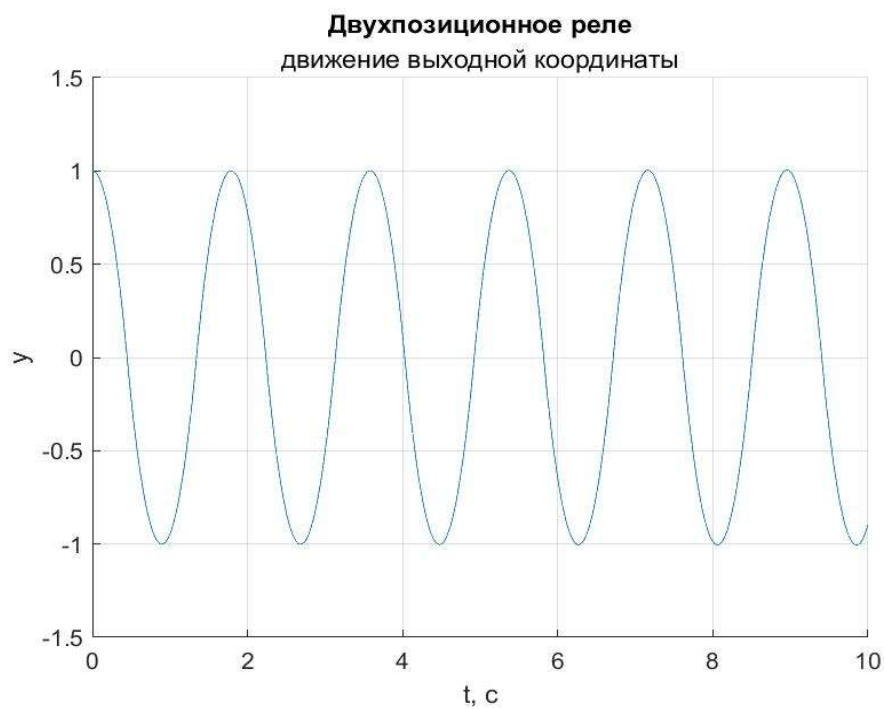


Рис. 4. График выходного сигнала.

Выведем уравнения для фазовой траектории (представим звено как знаковую функцию $\text{sign}(u)$ ($c = 1$), $u = c \text{sign} x'$, y – выходная координата, $\frac{dy'}{dt}$ – производная выходной координаты).

$$\begin{cases} \frac{dy'}{dt} = -10 \text{sign}(u)y + 10 \text{sign}(u) \\ \frac{dy}{dt} = y' \end{cases}$$

$$\frac{dy'}{dt} = \frac{-10 \text{sign}(u)(y - 1)}{y'}$$

2) Модель системы управления со звеном типа «Гистерезис» (рис. 5).

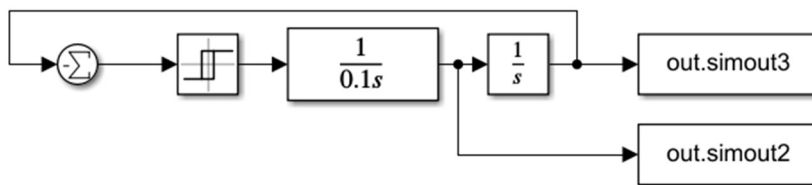


Рис. 5. Структурная схема системы управления со звеном типа «Гистерезис».

Построим фазовую траекторию (рис. 6).

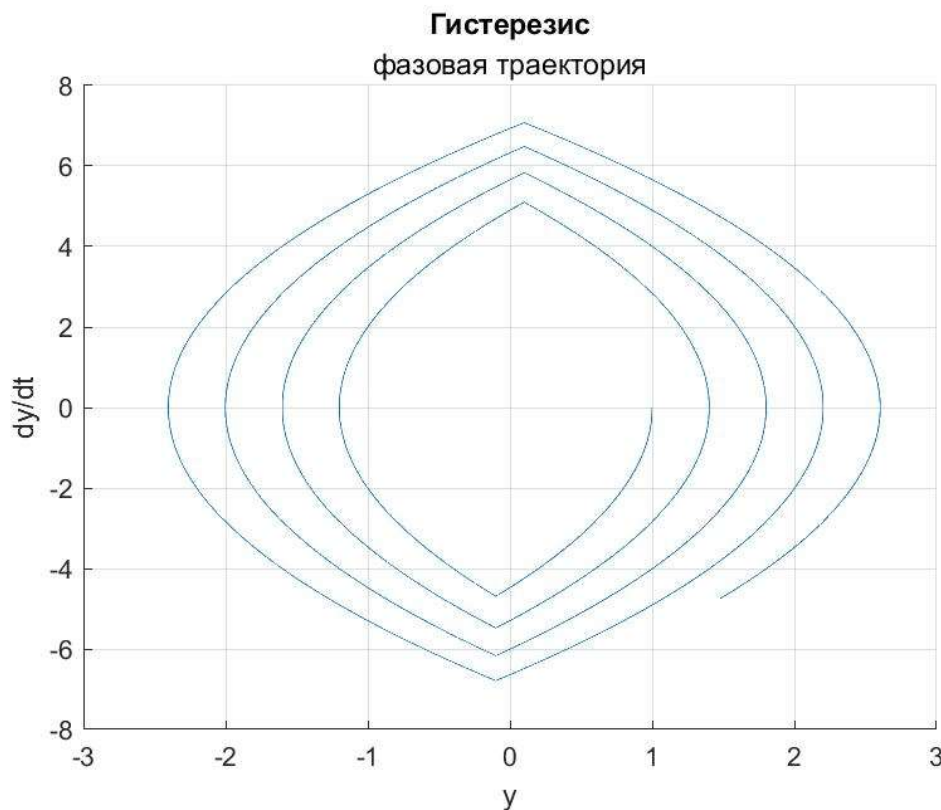


Рис.6. Фазовая траектория системы управления со звеном типа «Гистерезис».

Построим график скорости выходного сигнала (рис. 7).

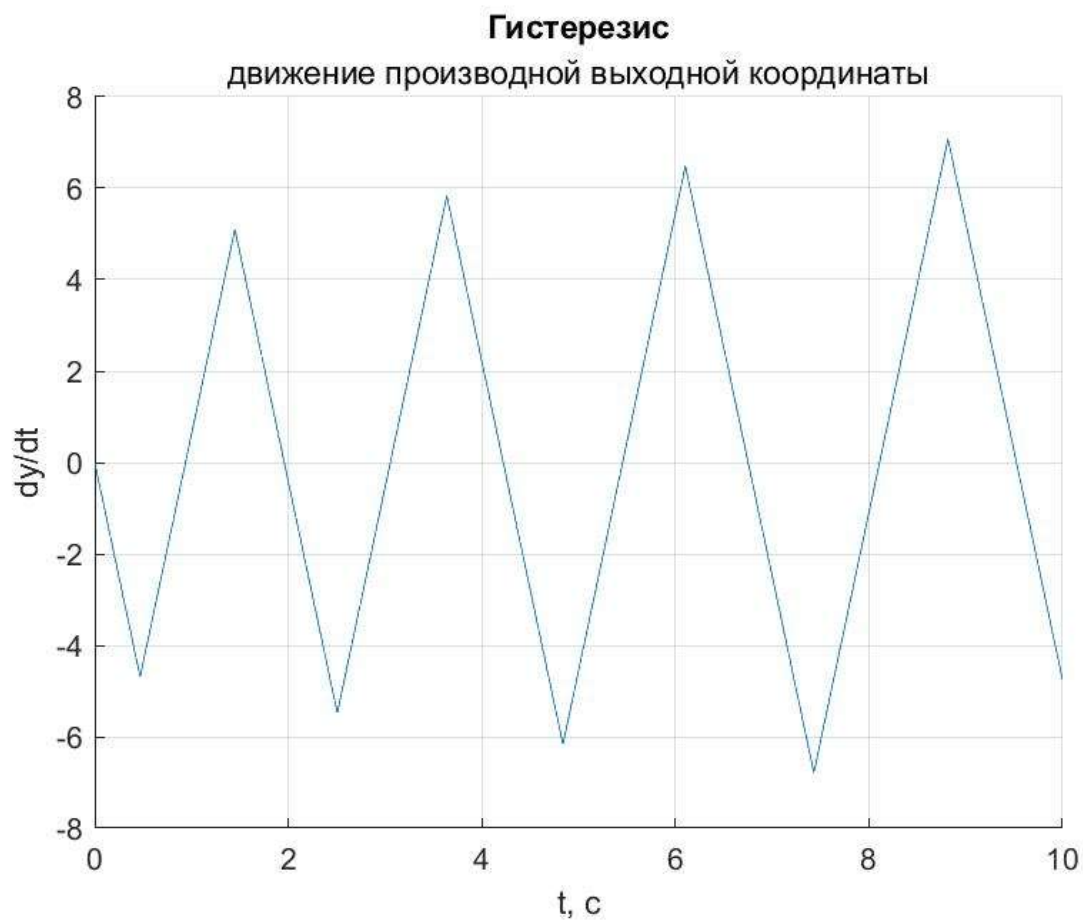


Рис. 7. График скорости выходного сигнала.

Построим график выходного сигнала (рис. 8).

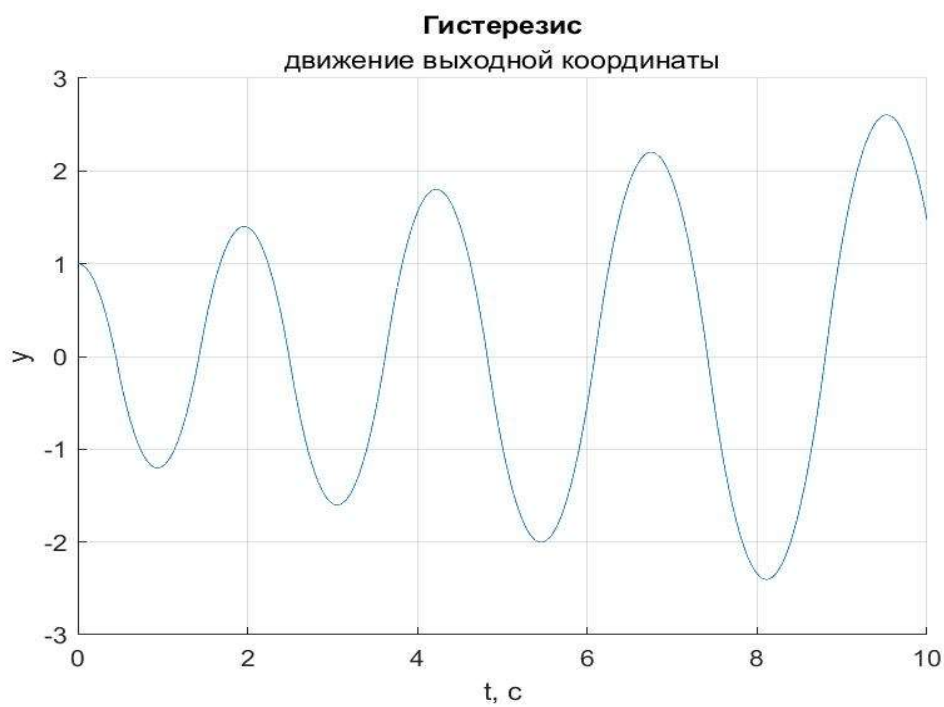


Рис. 8. График выходного сигнала.

Выведем уравнения для фазовой траектории:

$$\begin{cases} \text{sign}(u + 0.1), \frac{du}{dt} < 0 \\ \text{sign}(u - 0.1), \frac{du}{dt} > 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{dy'}{dt} = -10(y - 1)\text{sign}(u + 0.1), \frac{du}{dt} < 0 \\ \frac{dy}{dt} = y' \\ \frac{dy'}{dt} = -10(y - 1)\text{sign}(u - 0.1), \frac{du}{dt} > 0 \\ \frac{dy}{dt} = y' \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{dy'}{dy} = -\frac{10(y - 1)\text{sign}(u + 0.1)}{y'}, \frac{du}{dt} < 0 \\ \frac{dy'}{dy} = -\frac{10(y - 1)\text{sign}(u - 0.1)}{y'}, \frac{du}{dt} > 0 \\ u = c\text{sign}x' \end{cases}$$

$$c = 1; a = 0.1$$

3) Модель системы управления с трехпозиционным реле.

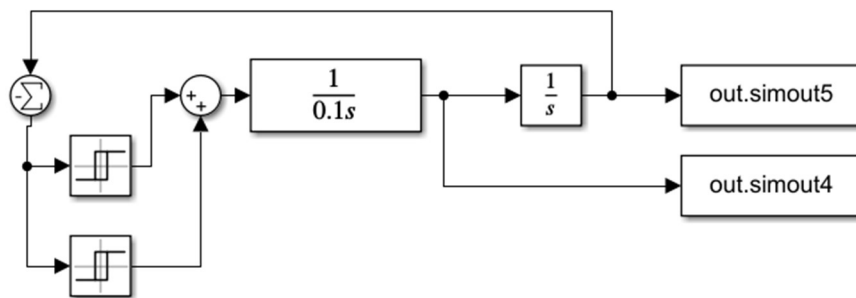


Рис. 9. Структурная схема системы управления с трехпозиционным реле.

Построим фазовую траекторию (рис. 10).

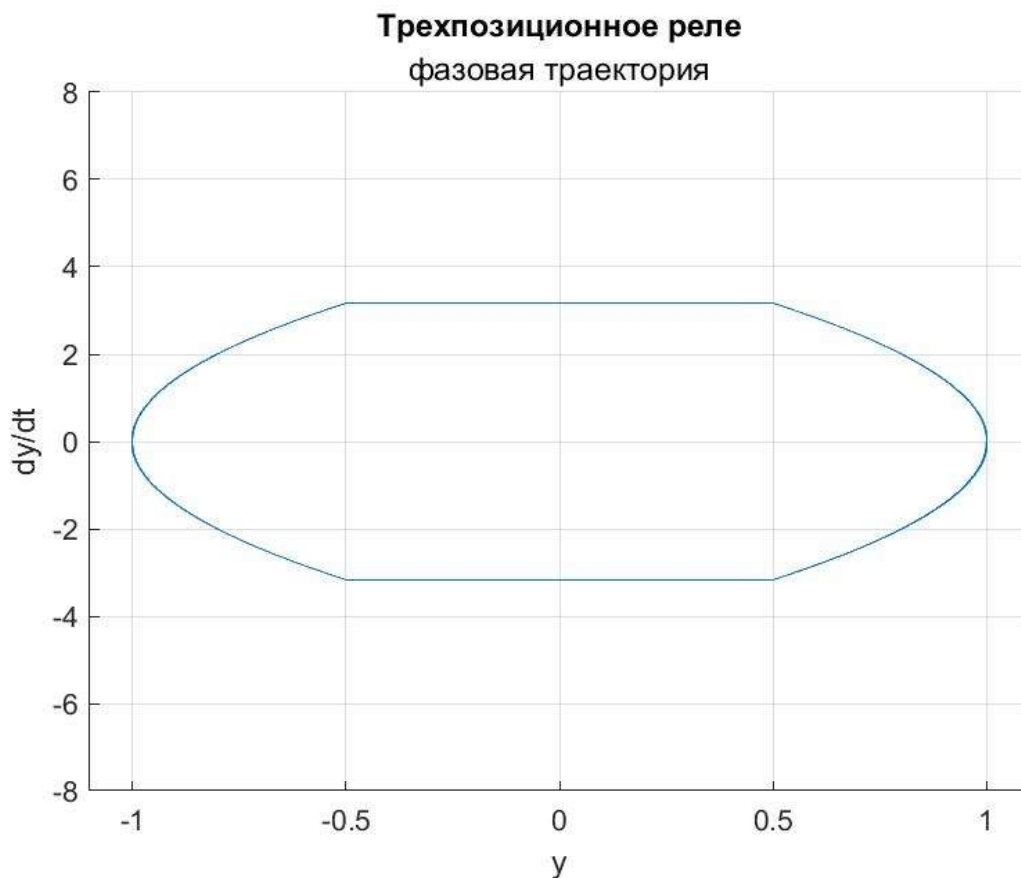


Рис. 10. Фазовая траектория системы управления с трехпозиционным реле.

Построим график скорости выходного сигнала (рис. 11).

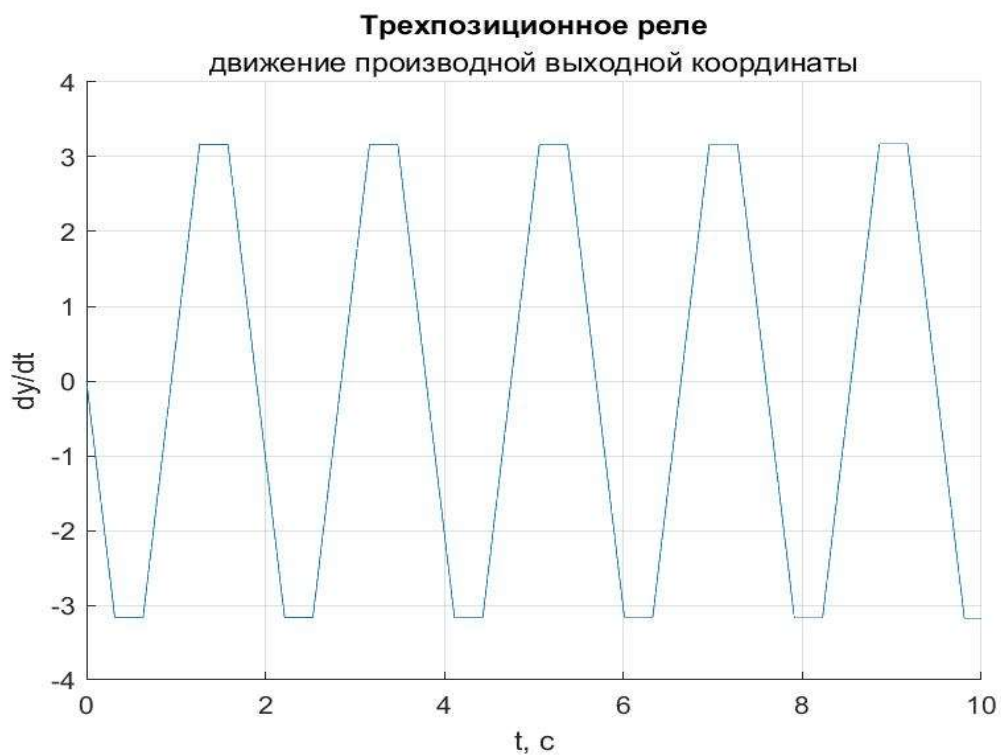


Рис. 11. График скорости выходного сигнала.

Построим график выходного сигнала (рис. 12).

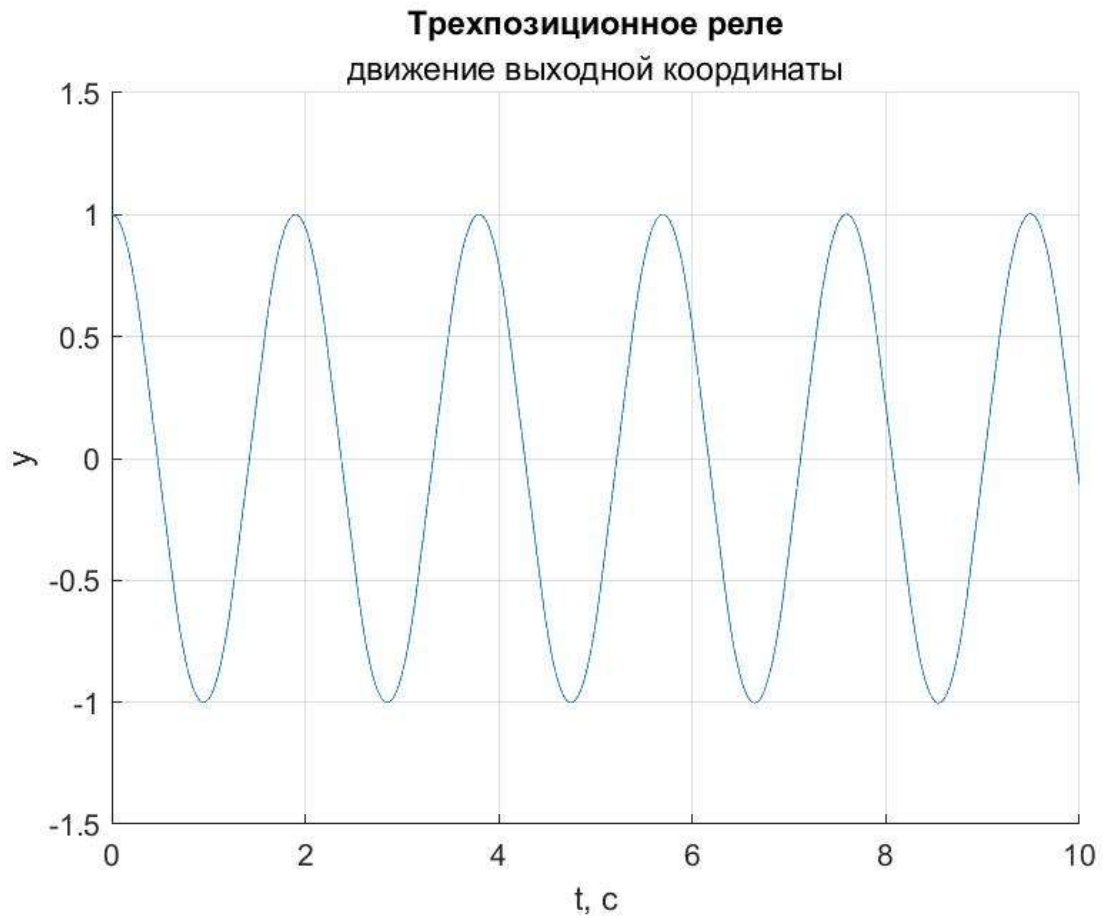


Рис. 12. График выходного сигнала.

Выведем уравнения фазовой траектории:

$$\frac{10\text{sign}(u + 0.5) + \text{sign}(u - 0.5)}{2}$$

$$\begin{cases} \frac{dy'}{dt} = -5(\text{sign}(u + 0.5) + \text{sign}(u - 0.5))(y - 1) \\ \frac{dy}{dt} = y' \end{cases}$$

$$\frac{dy'}{dy} = \frac{-5}{y'} (\text{sign}(u + 0.5) + \text{sign}(u - 0.5))(y - 1);$$

$$a = 0.5;$$

4. Модель системы управления с трехпозиционным реле с гистерезисом (рис. 13).

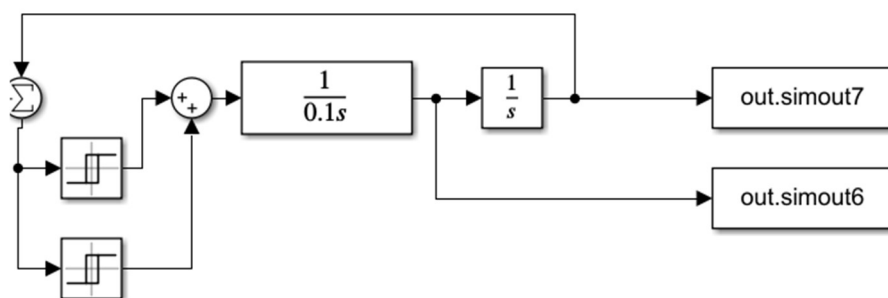


Рис. 13. Структурная схема системы управления с трехпозиционным реле с гистерезисом.

Построим фазовую траекторию (рис. 14).

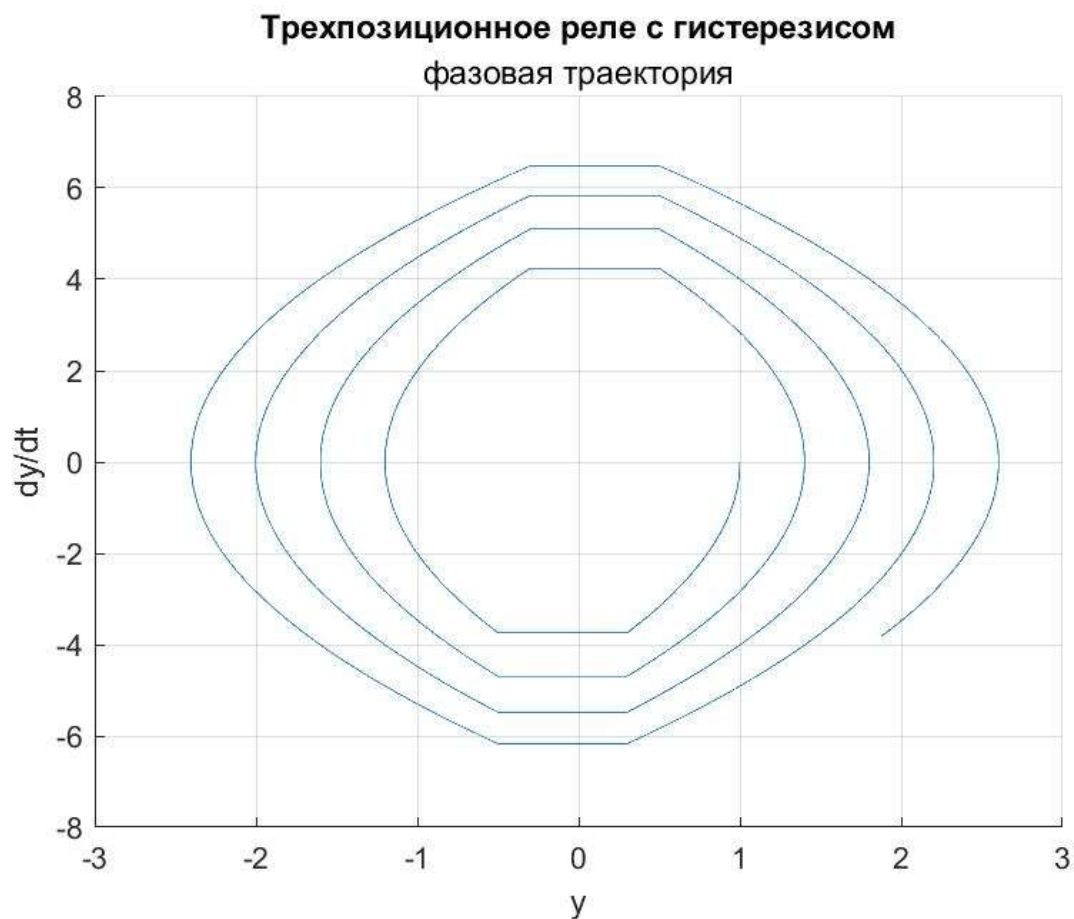


Рис. 14. Фазовая траектория системы управления с трехпозиционным реле с гистерезисом.

Построим график скорости выходного сигнала (рис. 15).

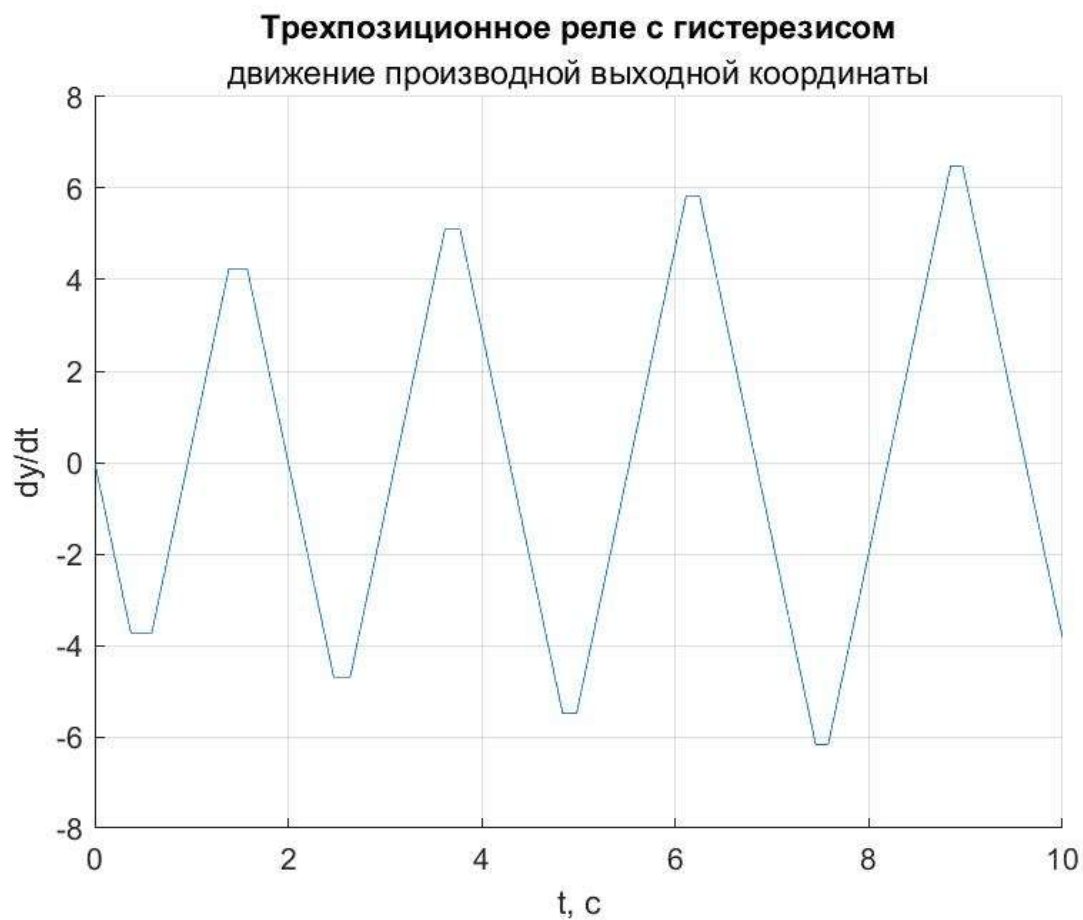


Рис. 15. График скорости выходного сигнала.

Построим график выходного сигнала (рис. 16)

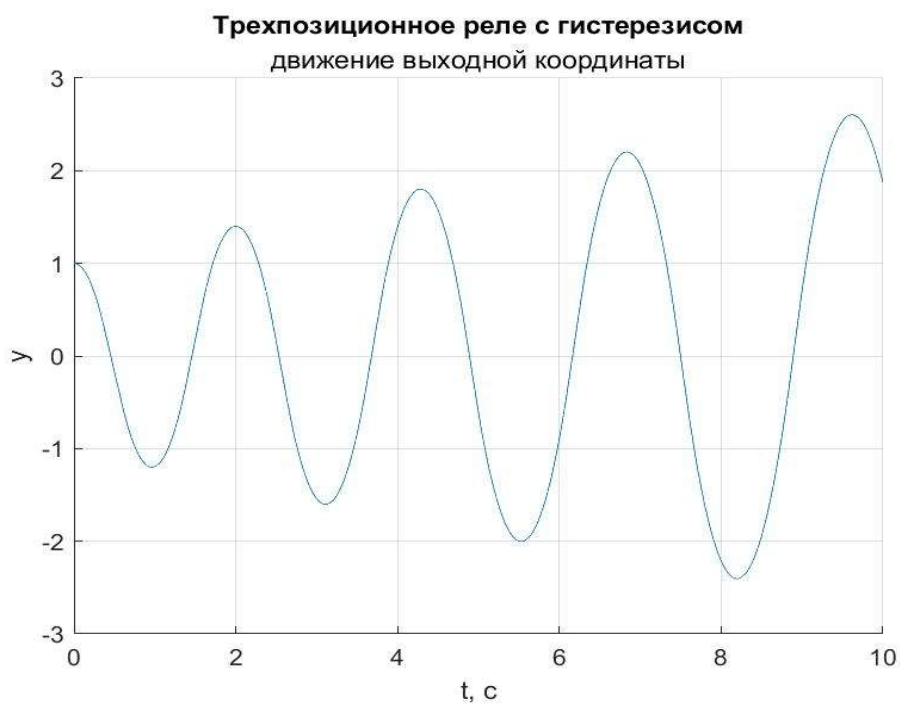


Рис. 16. График выходного сигнала.

Выведем уравнения фазовой траектории.

$$\begin{cases} \frac{\text{sign}(u + 0.3) + \text{sign}(u - 0.5)}{2} \frac{du}{dt} > 0 \\ \frac{\text{sign}(u + 0.5) + \text{sign}(u - 0.2)}{2} \frac{du}{dt} < 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{dy'}{dt} = -10(y - 1) \frac{\text{sign}(u + 0.3) + \text{sign}(u - 0.5)}{2} \text{ при } \frac{du}{dt} > 0 \\ \frac{dy}{dt} = y' \\ \frac{dy'}{dt} = -10(y - 1) \frac{\text{sign}(u + 0.5) + \text{sign}(u - 0.3)}{2} \text{ при } \frac{du}{dt} < 0 \\ \frac{dy}{dt} = y' \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{dy'}{dy} = \frac{-5}{y'} (\text{sign}(u + 0.3) + \text{sign}(u - 0.5))(y - 1), \frac{du}{dt} < 0 \\ \frac{dy'}{dy} = -\frac{5}{y'} (\text{sign}(u + 0.5) + \text{sign}(u - 0.3))(y - 1), \frac{du}{dt} > 0 \end{cases}$$

$$a = 0.3; b = 0.5$$

Выводы.

В ходе выполнения данной лабораторной работы мы убедились, что что расходящаяся траектория соответствует неустойчивому процессу, она наблюдалась при добавлении гистерезиса, а замкнутая траектория соответствует автоколебательному процессу, он наблюдался при добавлении 3-ёх- и 2-ухпозиционных реле.