

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

ОТЧЕТ
по Лабораторной работе №6
Тема «ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ С ПЕРЕМЕННОЙ
СТРУКТУРОЙ»
по дисциплине «Нелинейные системы управления»
Вариант № 3

Студенты гр. 6492

_____ Д. В. Огурецкий

_____ А. С. Мурашко

Преподаватель

_____ Н. А. Доброскок

Санкт-Петербург

2019

1 ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Цель работы: исследование скользящих режимов в системах с переменной структурой методом фазовой плоскости.

1.1 Общие сведения

1.1.1 Система с переменной структурой

Применение систем с переменной структурой позволяет получить высокое быстродействие, т. е. протекание процессов за минимальное время при незначительных колебаниях, а в отдельных случаях и при отсутствии колебаний выходных координат в установившихся режимах. В работе рассматривается два варианта движений в системе с переменной структурой, которые в общем случае могут быть представлены на рис. 1а, где введены следующие обозначения: ОУ – объект управления; УП – устройство переключения; k_1 и k_2 – коэффициенты регулятора.

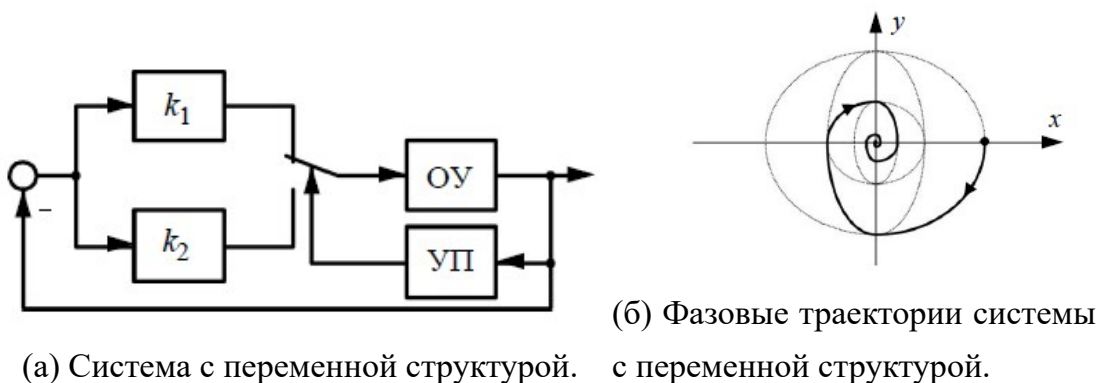


Рисунок 1

Пример движения изображающей точки на фазовой плоскости показан на рис. 1б. Из приведенного рисунка следует, что система становится асимптотически устойчивой, но устойчивого положения равновесия она достигает только при $t \rightarrow \infty$.

Допустим, объект управления – это система второго порядка, не обладающая при постоянной структуре собственной устойчивостью. Математиче-

Таблица 1 — Таблица вариантов.

Вариант	3
k	3.5

ское описание системы (1) .

$$\ddot{x} + k x = 0 \quad (1)$$

Задание варианта указано в табл.1 .

1.2 выполнение работы

1.2.1 Система с переменной структурой

Создали новую модель в Matlab Simulink на рис.2. Коэффициенты были подобраны таким образом, что $k_1 > k_2$. Коэффициенты указаны в табл. 2.

Математическая форма записи описанного алгоритма управления примет вид системы (2).

$$\begin{cases} \ddot{x} + k_1 k x = 0, x\dot{x} > 0, \\ \ddot{x} + k_2 k x = 0, x\dot{x} < 0. \end{cases} \quad (2)$$

Система с переменной структурой переключается с одного регулятора на другой в зависимости от выполнения условий.

Исследуем движение фазовых координат во времени посредством моделирования процессов в системе при отклонении системы от состояния равновесия. Значения начальных условий в табл.2. Фазовые траектории и переходные процессы в системе на рис.3, крестиками указа-

Таблица 2 — Таблица коэффициентов.

номер	k_1	k_2	x_0	y_0
1	3	0.8	0	0
2			0.1	0.1
3			0.2	0.2

ны состояния системы, соответствующие начальным значениям. Как видно, система асимптотически устойчива, так как изображающая точка на фазовой траектории приближается к точке равновесия.

В дополнение на рис.4 указано изменение переменных состояния. Отметим, что закон изменения x представляет собой колебательный процесс, соответственно — y тоже.

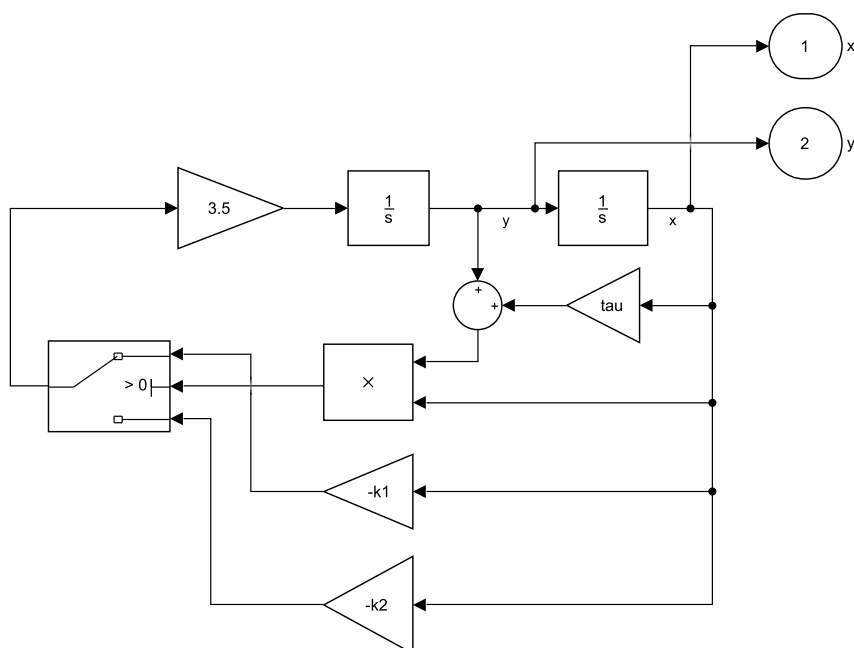


Рисунок 2 — Структурная схема системы с переменной структурой.

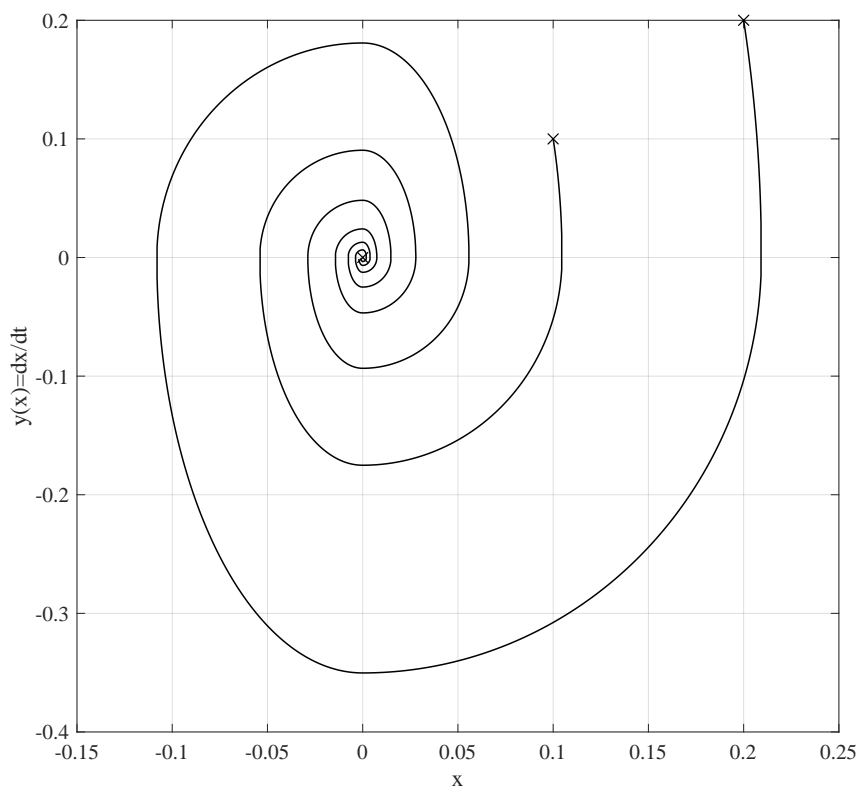


Рисунок 3 — Фазовые траектории для системы с переменной структурой с разными начальными условиями.

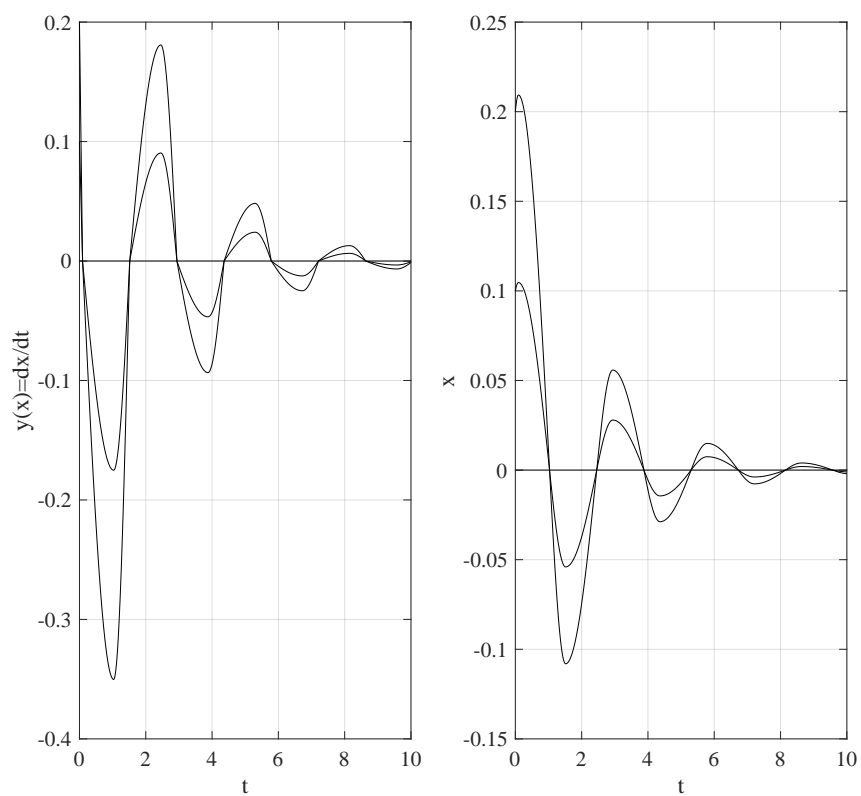


Рисунок 4 — Графики изменения переменных состояния.

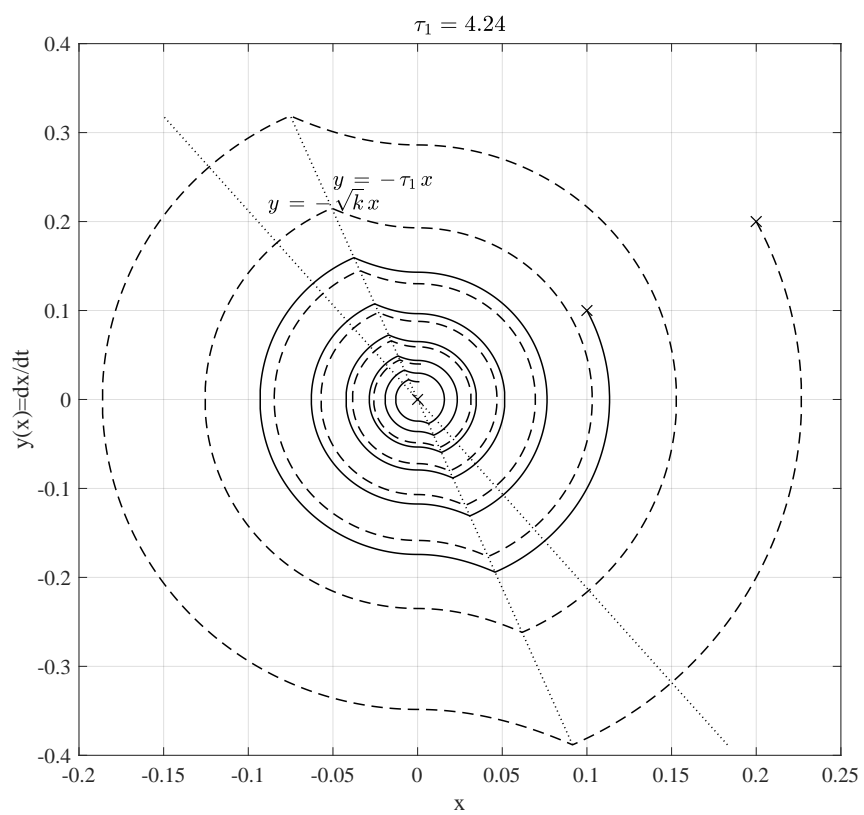


Рисунок 5 — Фазовые траектории для системы с переменной структурой с разными начальными условиями(τ_1).

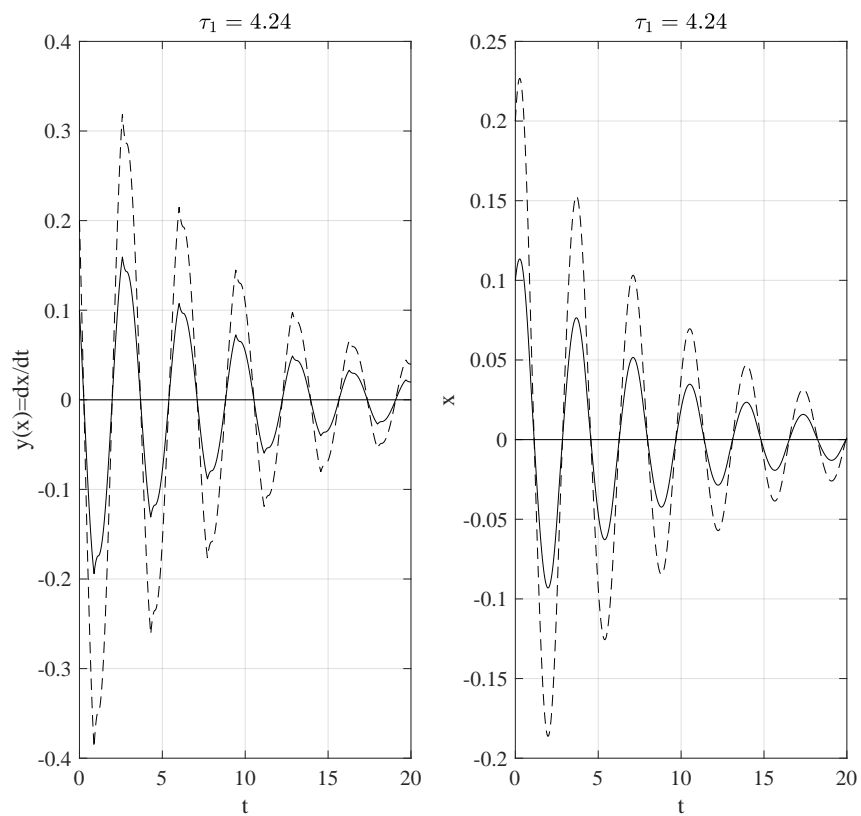


Рисунок 6 — Графики изменения переменных состояния(τ_1).

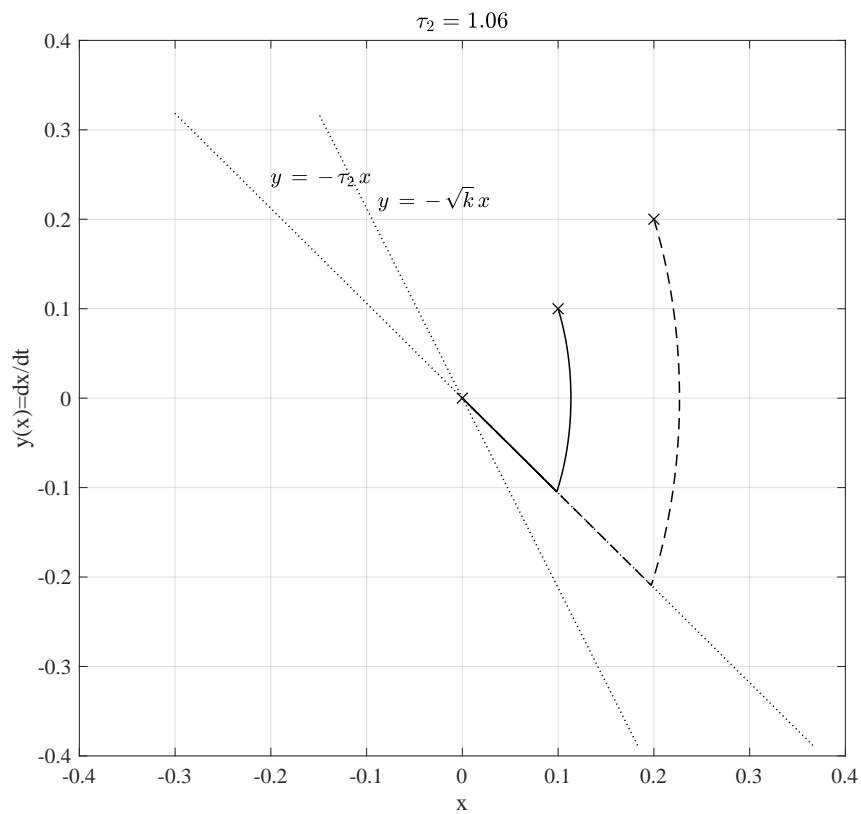


Рисунок 7 — Фазовые траектории для системы с переменной структурой с разными начальными условиями(τ_2).

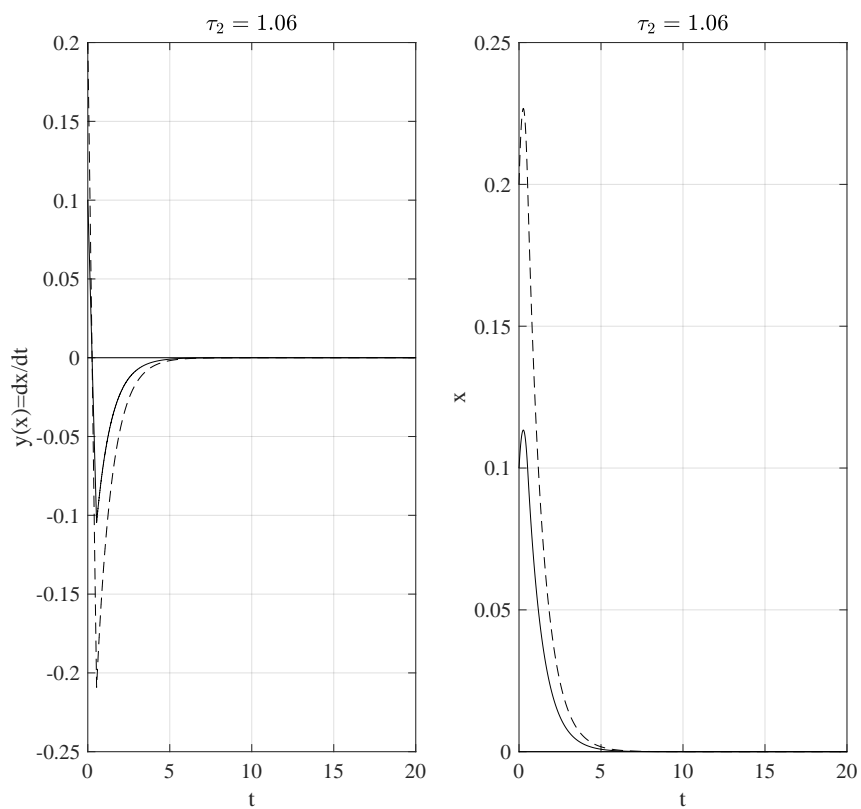


Рисунок 8 — Графики изменения переменных состояния(τ_2).

1.2.2 Система с переменной структурой со скользящим видом движения

Для выполнения данного пункта оставим прошлую модель в Matlab Simulink на рис.2. Коэффициенты были подобраны таким образом, что $k_2 = -k_1$. Коэффициенты указаны в табл. 3.

Изменим наше условие переключения между регуляторами. Таким образом математическая форма записи описанного ранее алгоритма управления (2) примет вид (3).

$$\begin{cases} \ddot{x} + k_1 \dot{x} = 0, & x(\dot{x} + \tau x) > 0, \\ \ddot{x} - k_1 \dot{x} = 0, & x(\dot{x} + \tau x) < 0. \end{cases} \quad (3)$$

Два регулятора по-прежнему являются неустойчивыми. Один регулятор должен обеспечить движение изображающей точки по фазовой траектории типа «седло», а второй – по фазовой траектории типа «центр».

В этом случае линиями раздела между областями действия регуляторов будут ось ординат и наклонная прямая на фазовой плоскости, определяемая выражением $\dot{x} = -\tau x$, называемая **линией скольжения**. Также имеется **сепаратриса седловой траектории** с отрицательным наклоном, определяемая уравнением (4).

Таблица 3 — Таблица параметров.

номер	k_1	k_2	x_0	y_0	τ_1	τ_2
1	1	-1	0	0	3.74	0.935
2			0.1	0.1		
3			0.2	0.2		

$$\dot{x} = -\sqrt{k} x \quad (4)$$

В общем случае движение изображающей точки в зависимости от значения τ будет происходить по разным траекториям. Из расчетов видно $\sqrt{k} = 1.871$.

Если взять $\tau = \tau_1 = 2\sqrt{k} = 3.74$, т.е. $\tau > \sqrt{k}$ в 2 раза, то мы будем наблюдать колебательный процесс рис.9, в этом случае скольжения не наблюдается. То что процесс колебательный, мы можем видеть на рис.10.

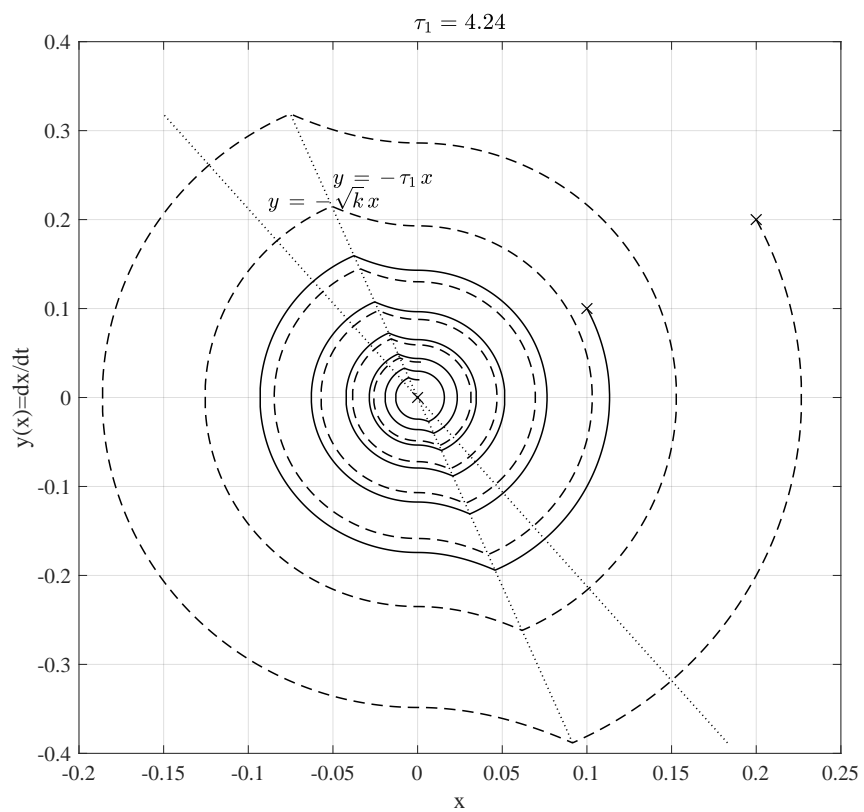


Рисунок 9 — Фазовые траектории для системы с переменной структурой с разными начальными условиями(τ_1).

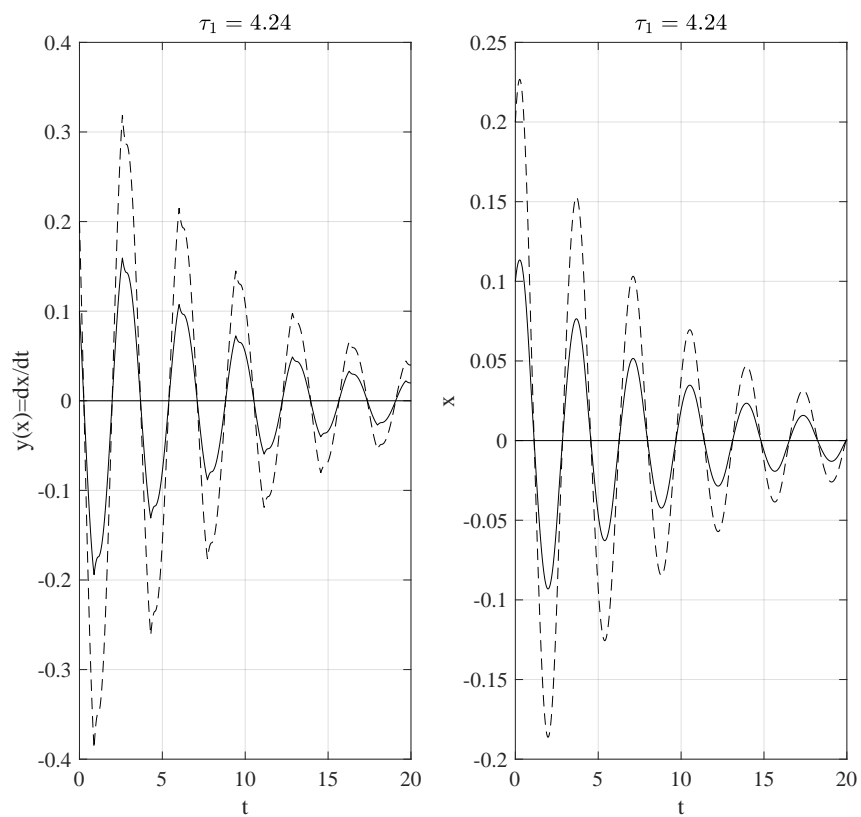


Рисунок 10 — Графики изменения переменных состояния(τ_1).

Если взять $\tau = \tau_1 = \sqrt{k}/2 = 0.935$, т.е. $\tau < \sqrt{k}$ в 2 раза, то мы будем наблюдать апериодический процесс рис.11, в этом случае движение изображающей точки происходит с одним переключением, после чего наблюдается скольжение вдоль прямой линии к началу координат. То что процесс апериодический, мы можем видеть на рис.12.

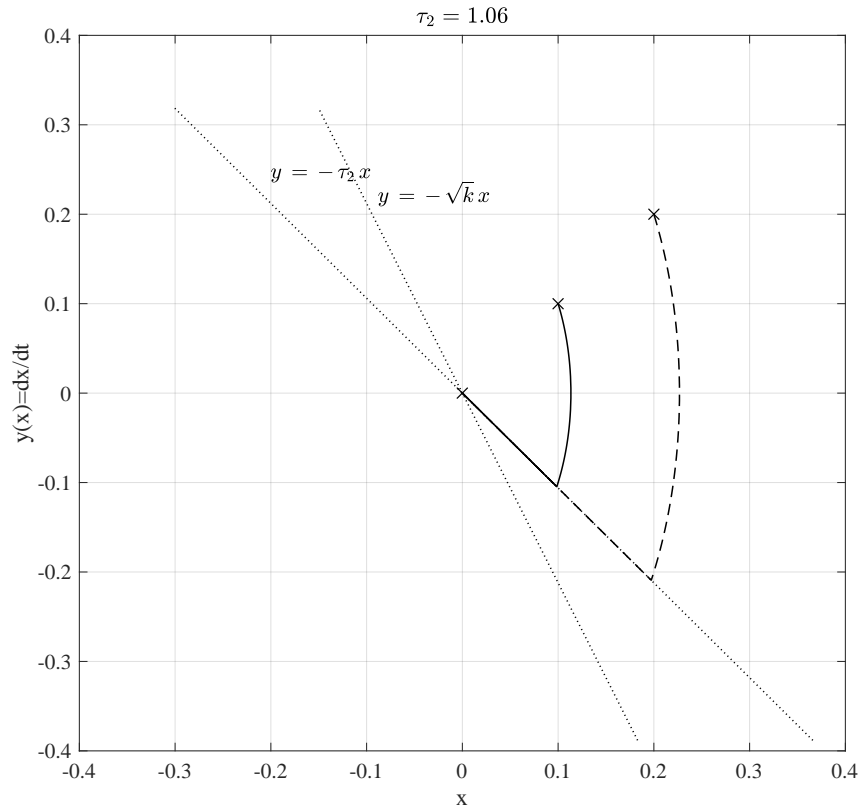


Рисунок 11 — Фазовые траектории для системы с переменной структурой с разными начальными условиями(τ_2).

Из пункта 1.2.2 можно сделать вывод:

1. Что введя новый закон переключения и имея два неустойчивых регулятора, причём один регулятор обеспечивает движение изображающей точки по фазовой траектории типа «седло», а второй – по фазовой траектории типа «центр», можно созданием системы с переменной структурой добиться устойчивости системы в целом и получить режим, позволяющий привести изображающую точку в начало координат за минимальное число переключений, устранить колебательные процессы.
2. Время протекания процесса при скользящем режиме уменьшилось по сравнению с другими режимами (это видно на рис.12).

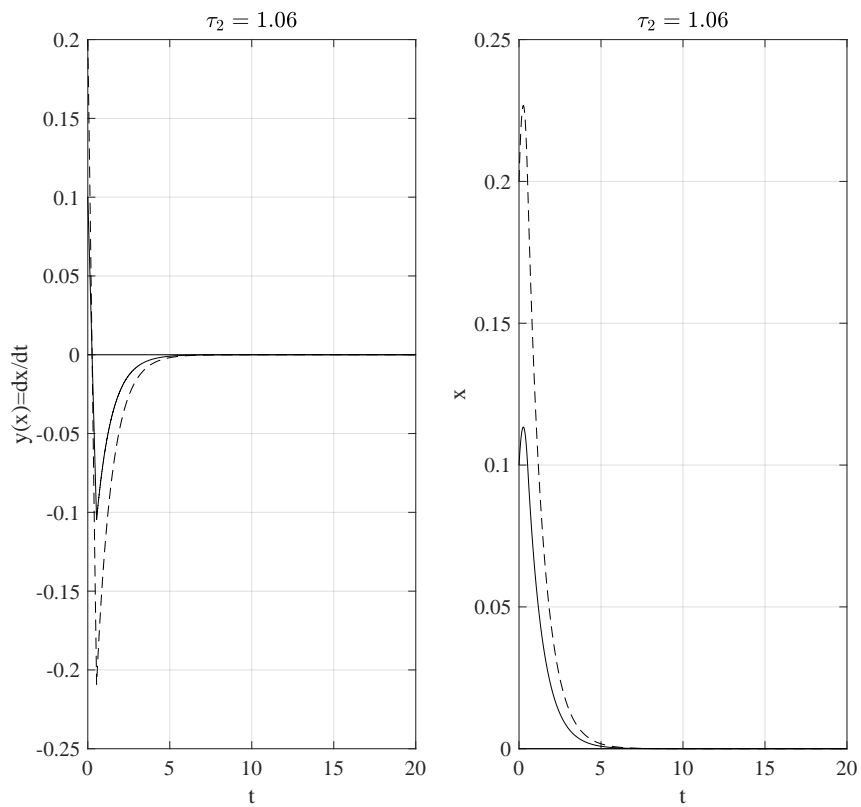


Рисунок 12 — Графики изменения переменных состояния(τ_2).

3. Для данного примера скользящий режим будет выполняться только при $\tau < \sqrt{k}$.

Вывод: применение систем с переменной структурой со скользящим режимом позволяет получить высокое быстродействие, т. е. протекание процессов за минимальное время и при отсутствии колебаний выходных координат в установившихся режимах.