Национальный исследовательский университет ИТМО

(Университет ИТМО)

Факультет систем управления и робототехники

Дисциплина: Адаптивное и робастное управление

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Вариант 11

Студент:

Евстигнеев Д.М.

Группа: R34423

Преподаватель:

Парамонов А.В.

Санкт-Петербург

2023

Оглавление

Исходные данные:

№	A	b	C	$g(t)$	$f(t)$	Схема ускорения параметрической сходимости
11	$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 5 \\ 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 0 \end{bmatrix}$	$3\cos(7t+8)\sin(t+4)$	0	Крейссельмейера

Время переходного процесса, $t_п$	Максимальное перерегулирование, $\overline{\sigma}$, %
0,3	0

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} B = \begin{bmatrix} 5 \\ 2 \end{bmatrix} C = \begin{bmatrix} 2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$g(t) = 3\cos(7t+8)\sin(t+4)\,;\, g(t) = 0$$

Постановка задачи: Дан объект управления:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + bu, \qquad x(0) \\ y = Cx \end{cases}$$

где $x \in R^n$ — измеряемый вектор состояния, u, y — измеряемые вход и выход объекта соответственно, A, b, C, – известные матрицы соответствующих размерностей.

Цель задачи заключается в ссинтезе адаптивного управления, обеспечивающего ограниченность всех сигналов и слежение выхода объекта за эталонным сигналом так, чтобы

$$\lim_{t\to\infty}\big(g(t) - y(t)\big) = 0$$

Где g — мульти синусоидальное задающее воздействие с априори неизвестными амплитудами, частотами и фазами гармоник. Применение специальной схемы, обеспечивающей ускоренную параметрическую сходимость.

Выполнение:

1. **Проверка объекта управления на свойство полной управляемости и наблюдаемости**

```
Uy=ctrb(A,b)
```

```
Uy = 2×2
      5     2
      2     9
```

```
rUy=rank(Uy)
```

```
rUy = 2
```

Ранг матрицы равен 2, значит объект **полностью управляемый**

```
Un=obsv(A,C)
```

```
Un = 2×2
      2     0
      0     2
```

```
rUn=rank(Un)
```

```
rUn = 2
```

Ранг матрицы равен 2, значит объект **полностью наблюдаемый**

2. **Определение и реализация требуемых компонентов системы автоматического управления (наблюдатели, модель расширенной ошибки, алгоритмы адаптации, закон управления). Выбор их структуры и параметров**

На основе желаемых показателей качества $t_п = 0.3$ $\bar{\sigma} = 0$ сформируем матрицу A_d определяющую желаемое качество поведения системы и матрицу H образующую с A_d полностью наблюдаемую пару:

$$\omega = \frac{t_п^*}{t_п} = \frac{4{,}8}{0{,}3} = 16$$

$$a(s) = s^2 + 32s + 256$$

$$A_d = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -256 & -32 \end{bmatrix}, \qquad H = [1\ 1]$$

$$A_M = A - bK$$

Где K матрица, найденная из уравнения Сильвестра

$$AM - MA_d = bH$$

$$K = H\,M^{-1}$$

```
Ad=[0 1;-256 -32];
H=[1 1];
M=sylvester(A,-Ad,b*H);
K=H*inv(M)
```

```
K = 1×2
    -8.3902   37.9756
```

Сформируем ошибку управления с моделью генератора задающего воздействия:

$$\begin{cases} \dot{\xi}_g = A_g\xi_g + B_g g \\ g = \theta_g^T \xi_g \end{cases} \text{где } A_g = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -k_{g0} & -k_{g1} & -k_{g2} & -k_{g3} \end{bmatrix}$$

$$\omega = \frac{t_п^*}{t_п} = \frac{7{,}8}{0{,}3} = 26$$

$$a(s) = s^4 + 4\omega s^3 + 6\omega^2 s^2 + 4\omega^3 s + \omega^4$$
$$= s^4 + 104\,s^3 + 4056\,s^2 + 70304\,s + 456976$$

$$A_g = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -456976 & -70304 & -4056 & -104 \end{bmatrix} B_g = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Сформируем закон управления, алгоритм адаптации и расширенную ошибку:

Закон управления, алгоритм адаптации и расширенная ошибка:

$$\begin{cases} u = -Kx + \hat{\psi}_g^T \xi_g, \quad \text{закон управления} \\ \dot{\hat{\psi}}_g = \gamma\left(L(s)\left[\bar{\xi}_g \hat{\varepsilon} + \bar{\xi}_g \bar{\xi}_g^T \hat{\psi}\right] - L(s)\left[\bar{\xi}_g \bar{\xi}_g^T\right] \hat{\psi}\right) \quad \text{алгоритм адаптации} \\ \tilde{\varepsilon} = \varepsilon + W(s)\left[\hat{\psi}_g^T \xi_g\right] - \hat{\psi}_g^T \bar{\xi}_g, \quad \text{расширенная ошибка} \\ \bar{\xi}_g = W(s)\left[\xi_g\right], \end{cases}$$

$L(s)$ выберем как $\dfrac{1}{s+\mu}$, где $\mu = 1$

3. Реализация САУ с алгоритмом адаптации на базе специальной схемы с ускоренной параметрической сходимостью

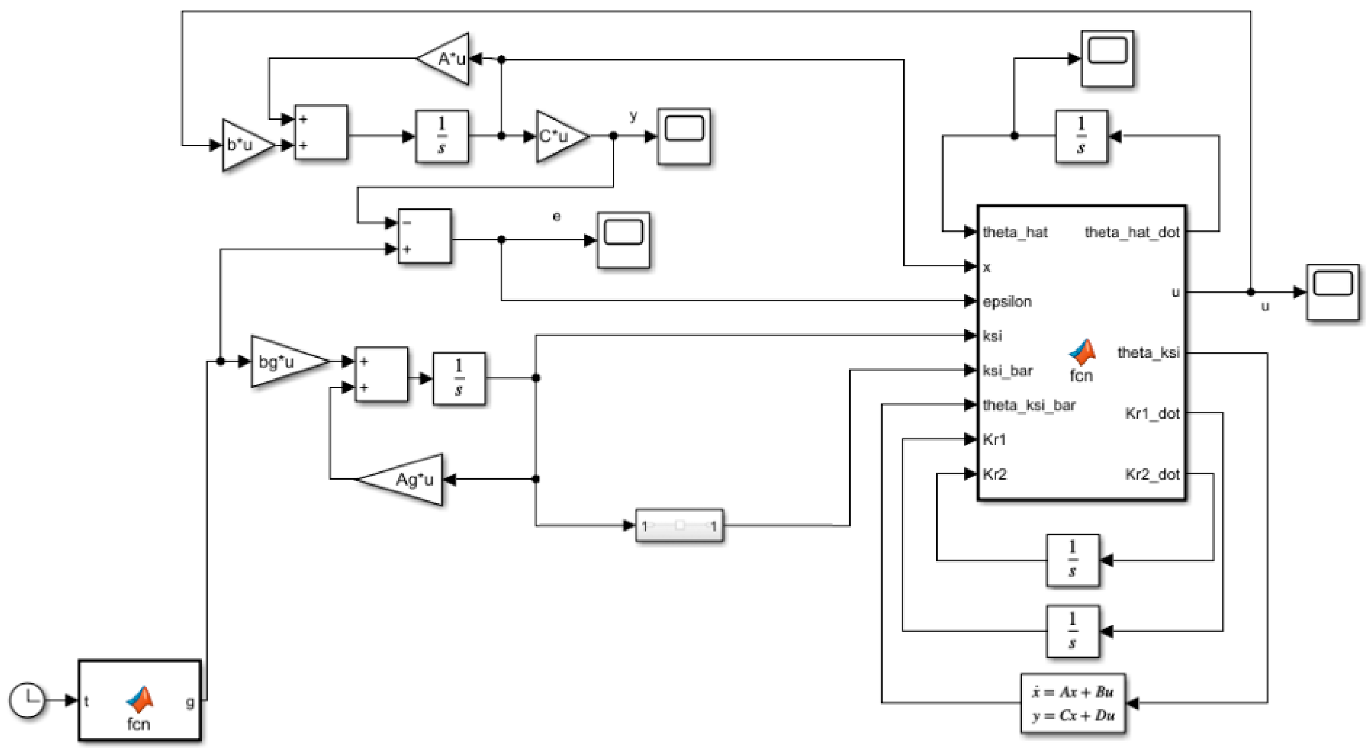

Рис.1 Схема моделирования

```
function [theta_hat_dot, u, theta_ksi, kr1_dot, kr2_dot] = fcn(theta_hat, x, epsilon, ksi,
ksi_bar, theta_ksi_bar, K, kr1, kr2)
gamma=100;
mu=1;

theta_ksi=theta_hat'*ksi;
epsilon_wave=epsilon + theta_ksi_bar - theta_hat'*ksi_bar;
kr1_dot=-mu*kr1 + ksi_bar*epsilon_wave + ksi_bar*ksi_bar'*theta_hat;
kr2_dot=-mu*kr2 + ksi_bar*ksi_bar';
theta_hat_dot=gamma * (kr1 - kr2*theta_hat);
u=-K*x+theta_hat'*ksi;
```

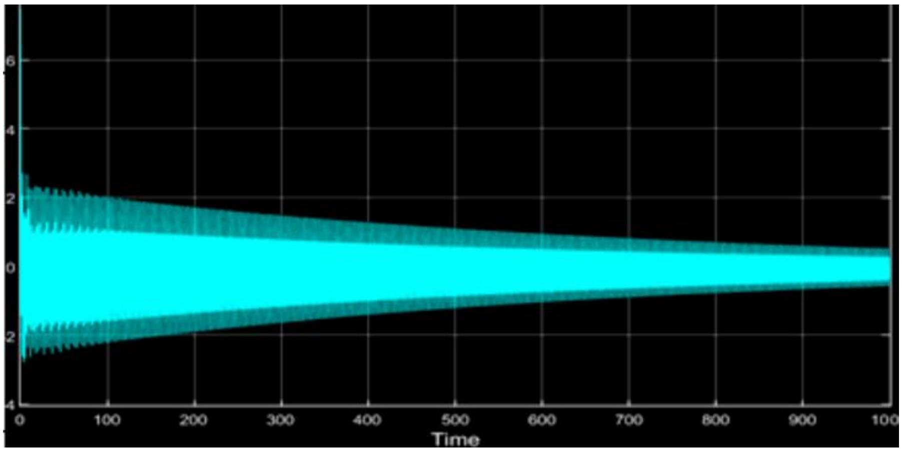

Рис.2 График изменения $e(t)$ *при* $\gamma = 100$

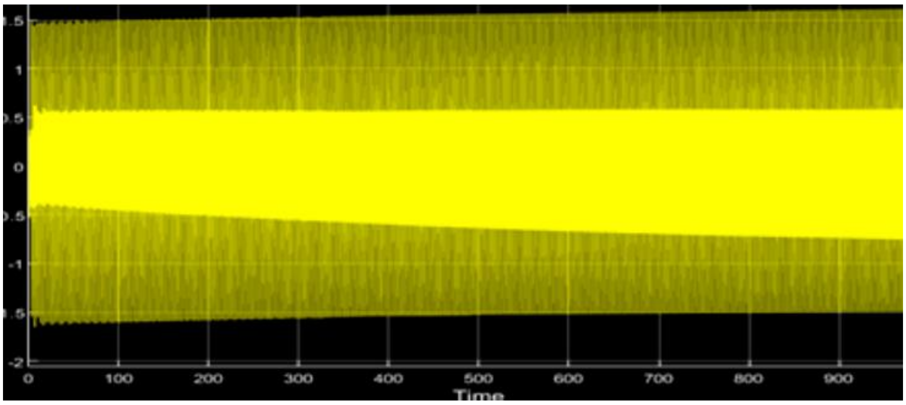

Рис.3 График изменения $u(t)$ *при* $\gamma = 100$

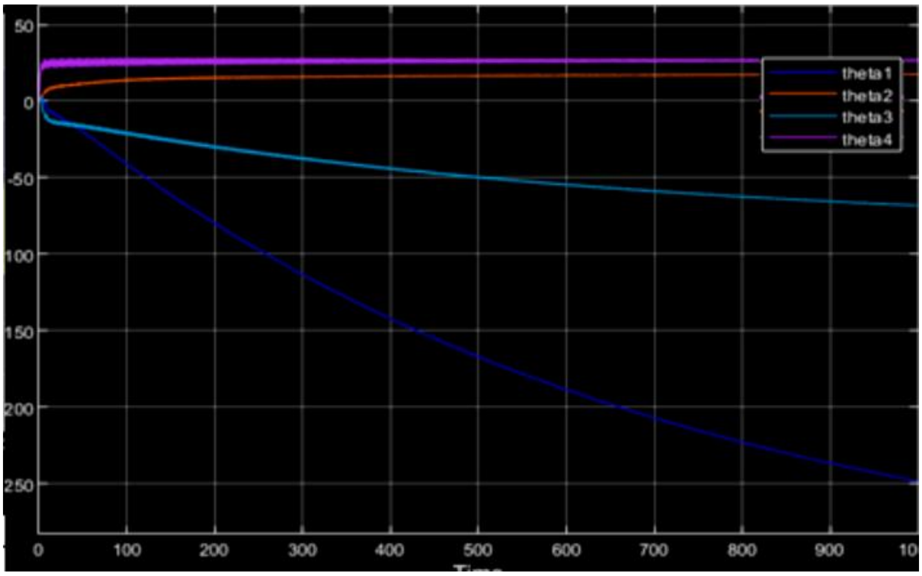

Рис.4 График изменения $\theta(t)$ *при* $\gamma = 100$

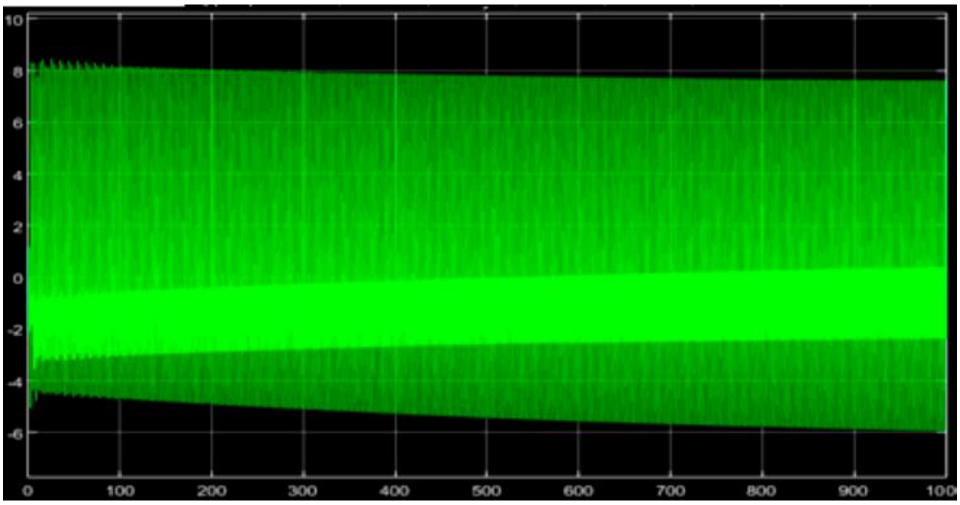

Рис.5 График изменения $y(t)$ *при* $\gamma = 100$

4. Реализация САУ без специального алгоритма адаптации на базе специальной схемы с ускоренной параметрической сходимостью

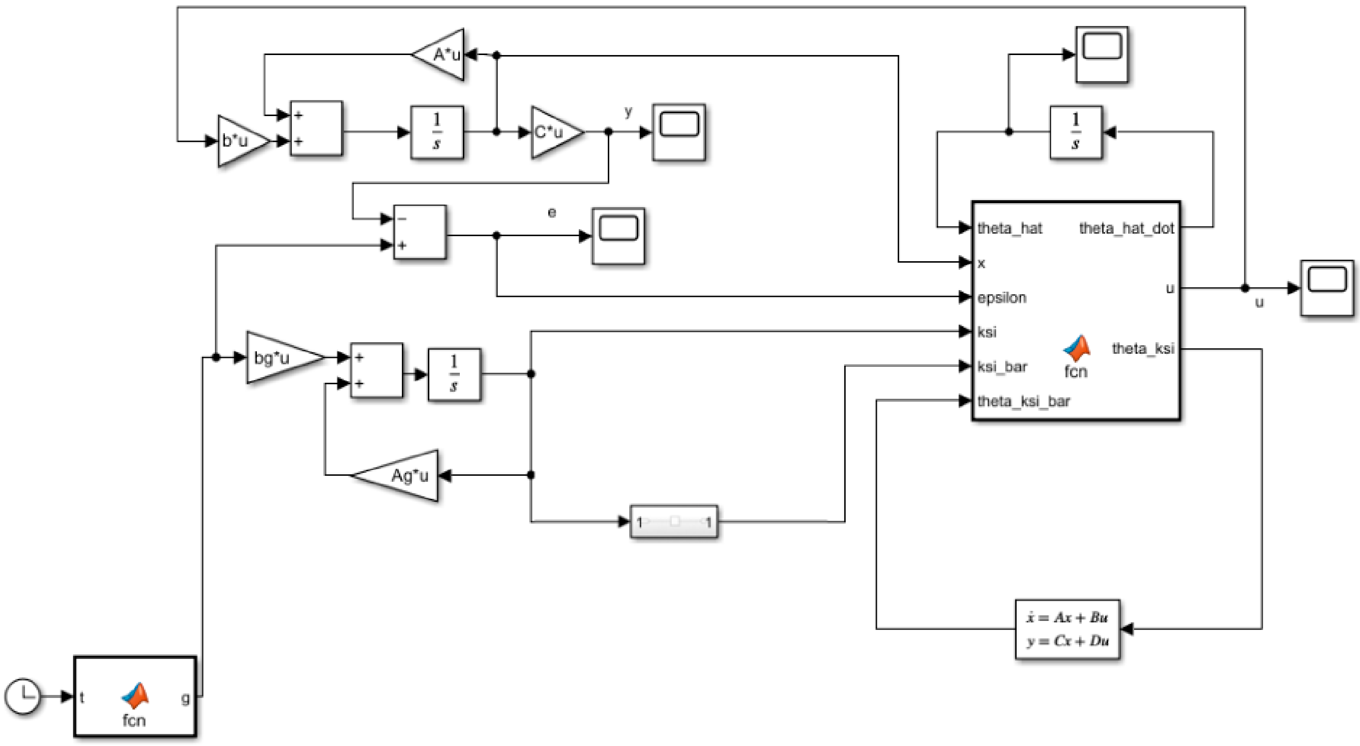

Рис.6 Схема моделирования

```
function [theta_hat_dot, u, theta_ksi] = fcn(theta_hat, x, epsilon, ksi, ksi_bar, theta_ksi_bar, K)
gamma=100;
theta_ksi=theta_hat'*ksi;
epsilon_hat=epsilon + theta_ksi_bar - theta_hat'*ksi_bar;
theta_hat_dot=gamma * ksi_bar*epsilon_hat;
u=-K*x+theta_hat'*ksi;
```

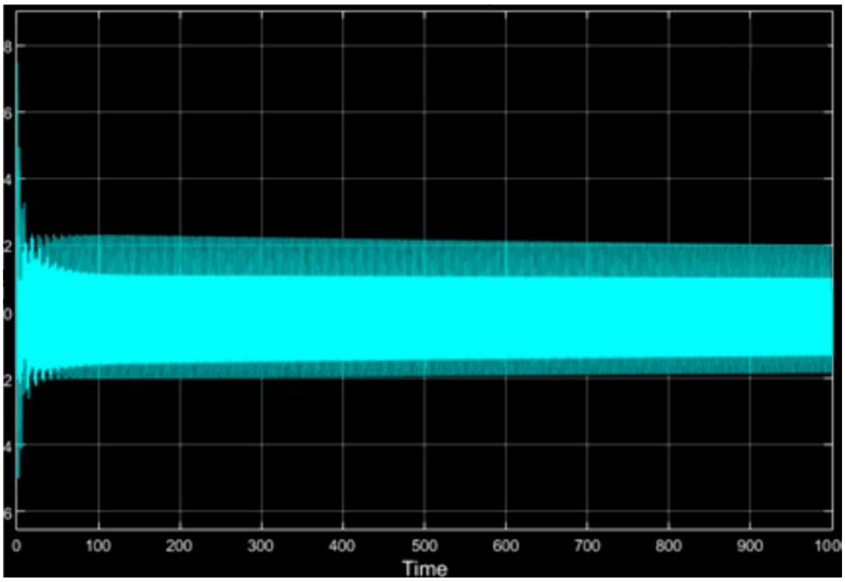

Рис.7 График изменения $e(t)$ *при* $\gamma = 100$

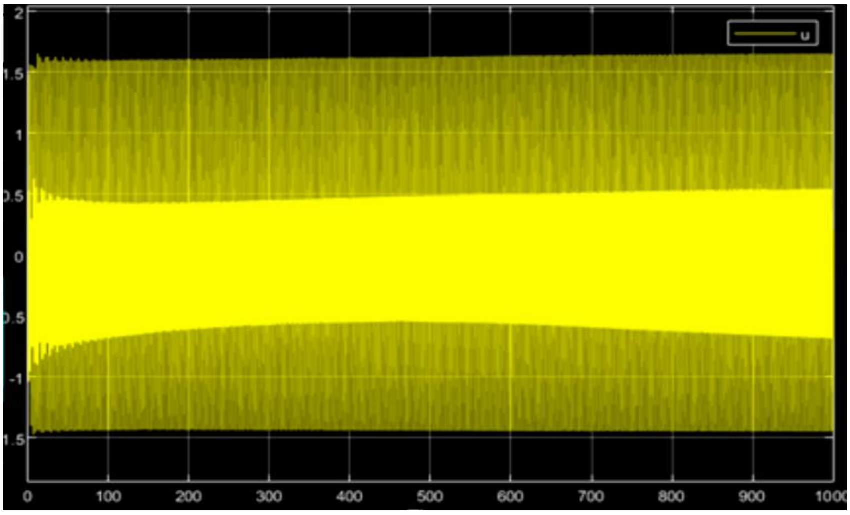

Рис.8 График изменения $u(t)$ *при* $\gamma = 100$

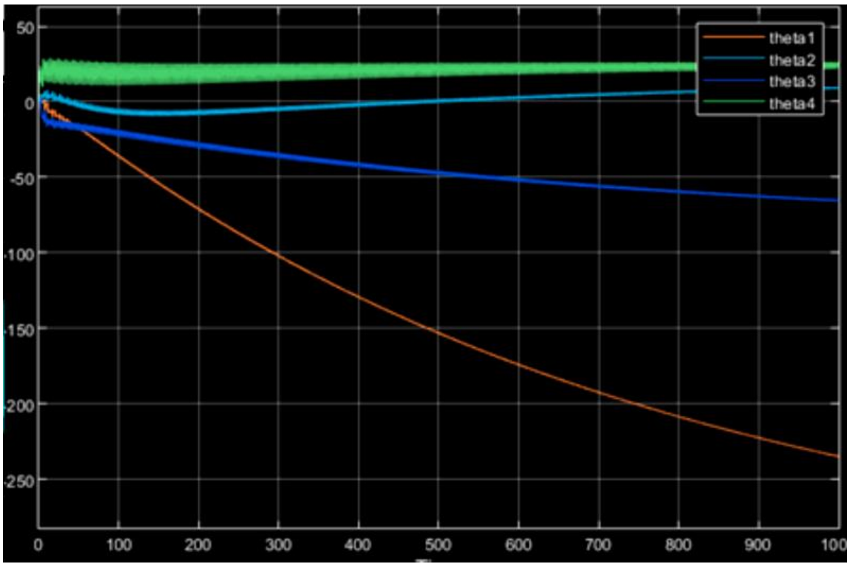

Рис.9 График изменения $\theta(t)$ *при* $\gamma = 100$

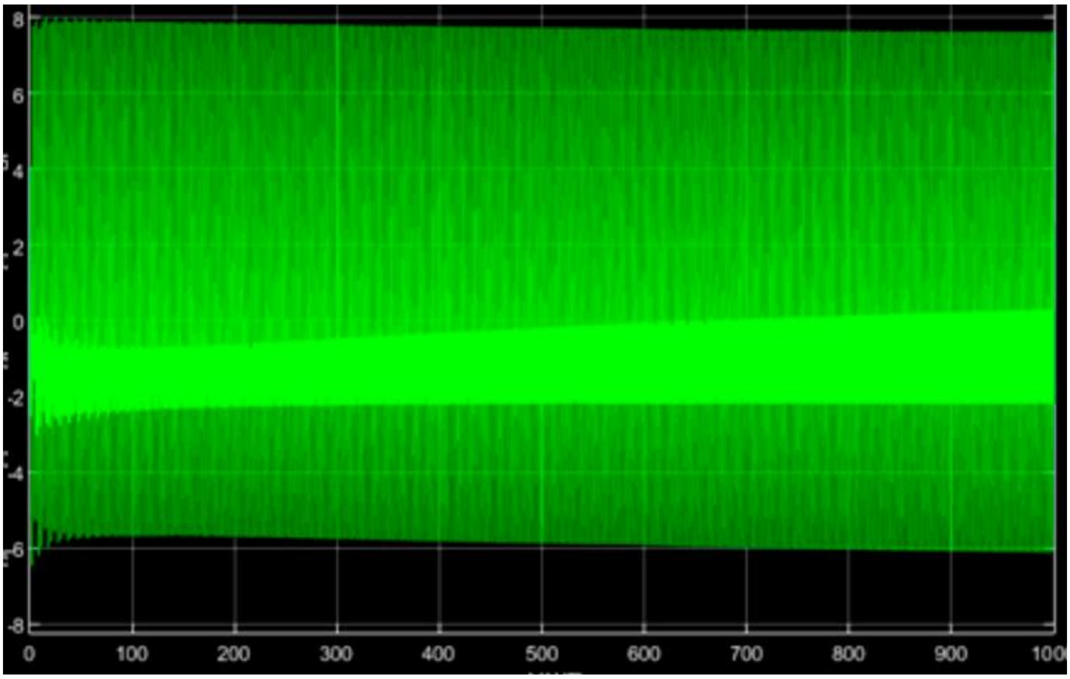

Рис.10 График изменения $y(t)$ *при* $\gamma = 100$

Вывод: в ходе данной курсовой работы мы изучали регулятор со схемой ускорения Кресслермейера для параметрической сходимости. Чтобы подтвердить правильность гипотезы, мы сравнили скорость сходимости с помощью классического адаптивного регулятора, который мы использовали ранее. Анализируя графики, можно сделать вывод, что при схеме Кресслермейера ошибка и ошибка идентификации сходятся значительно быстрее.

Схема ускорения Кресслермейера для параметрической сходимости представляет собой метод улучшения сходимости адаптивных систем управления. Он использует модифицированный алгоритм градиентного спуска для настройки параметров системы и достижения более быстрой сходимости по сравнению с традиционными методами. Эта схема может применяться к широкому кругу систем, включая линейные и нелинейные системы, и особенно полезна в случаях, когда параметры системы неопределенны или меняются во времени.