

Адаптивное и робастное управление
Работа №3 В-17
Отчет

Кирилл Лалаянц
Прокопов Егор

September 10, 2024

Преподаватель: Козачёк О.А.

1 Цель работы

Освоение принципов построения адаптивной системы управления многомерным объектом

2 Данные по варианту

Матрица $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 7 \end{bmatrix}$, время переходного процесса $t_n = 0.45$, максимальное перерегулирование $\bar{\sigma} < 15$, сигнал $g(t) = \cos t + 3 \sin 2t + 5$.

3 Выполнение

3.1 Формирование эталонной модели

В этом задании необходимо сформировать эталонную модель

$$\begin{cases} \dot{x}_M = A_M x_M + b_M g, \\ y_M = C_M x_M, \end{cases}$$

на основе заданных значений времени переходного процесса t_n и максимального перерегулирования $\bar{\sigma}$.

По результатам моделирования был построен график переходной функции модели.

На рис. 1, что переходная функция эталонной модели соответствует заданным значениям t_n и $\bar{\sigma}$

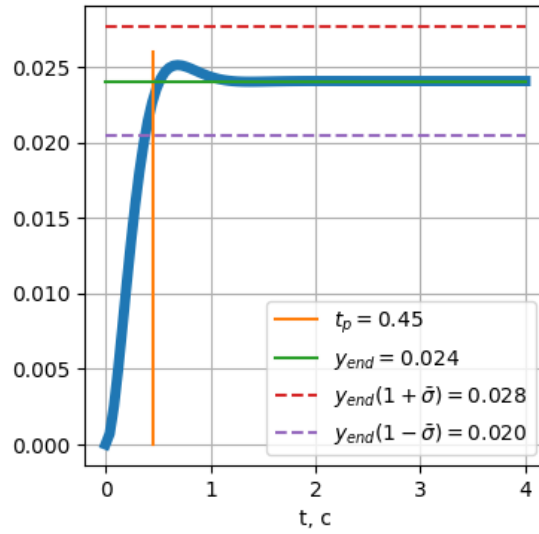


Рисунок 1: График переходной функции модели.

3.2 Построение системы управления при известных параметрах объекта

В этом задании необходимо промоделировать систему управления объекта с регулятором

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + bu, \\ u = \theta^T x + \frac{1}{\kappa} g, \\ y = Cx, \end{cases}$$

с предположением, что параметры объекта известны.

В ходе моделирования было проведено три эксперимента. В первом эксперименте использовались расчетные значения параметров объекта, заложенные в $\theta_1 = -5.07$ и $\theta_2 = -2.01$. Результаты моделирования приведены на рис. 2 и 3. Видно, что система следит за сигналом с минимальными отклонениями, являющимися лишь ошибками вычислений.

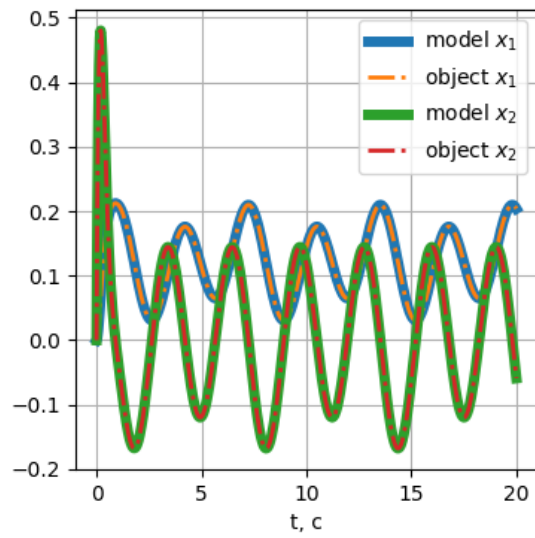


Рисунок 2: Графики траекторий $x_M(t)$ и $x(t)$ первого эксперимента.

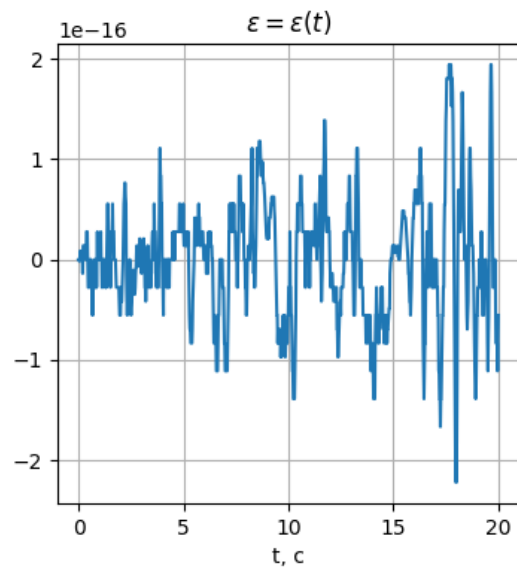


Рисунок 3: График ошибки $e(t)$ первого эксперимента.

В ходе второго эксперимента параметры объекта были незначительно отклонены,

$A_{new} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 8 \end{bmatrix}$. Результаты моделирования приведены на рис. 4 и 5. Видно, что система остается устойчивой, однако ошибка значительно возросла по сравнению с первым экспериментом.

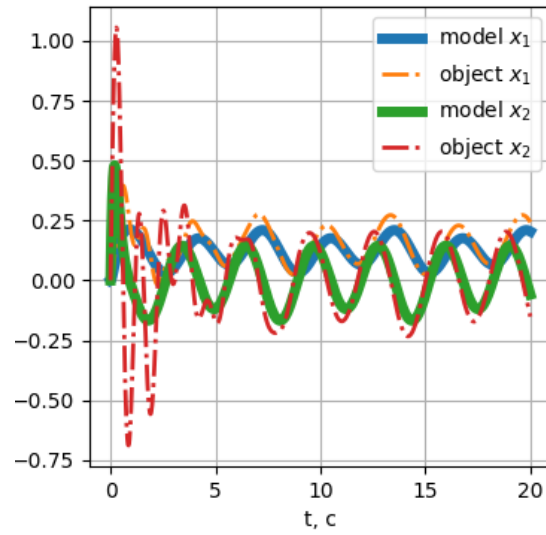


Рисунок 4: Графики траекторий $x_M(t)$ и $x(t)$ второго эксперимента.

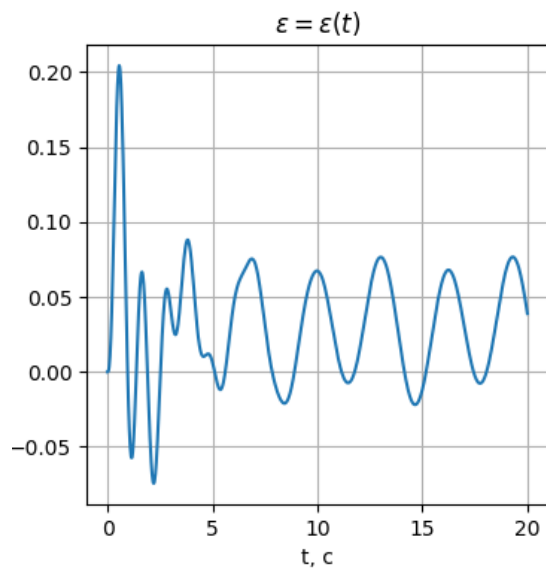


Рисунок 5: График ошибки $e(t)$ второго эксперимента.

В ходе третьего эксперимента параметры объекта были отклонены значительно, $A_{new} = \begin{bmatrix} 5 & 6 \\ 4 & 12 \end{bmatrix}$. Результаты моделирования приведены на рис. 6 и 7. Видно, что система неустойчива, а ошибка неограниченно растет.

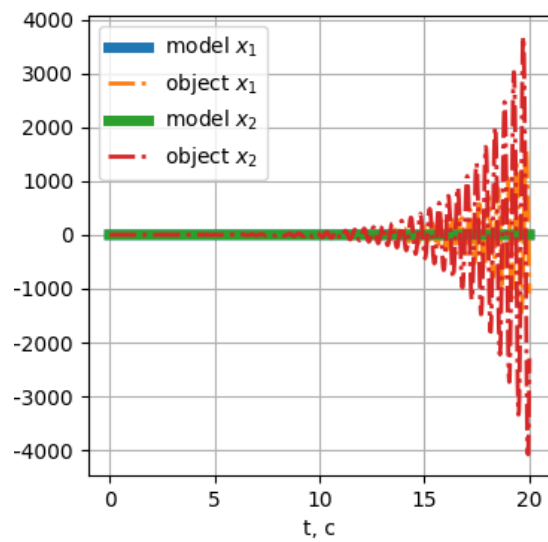


Рисунок 6: Графики траекторий $x_M(t)$ и $x(t)$ третьего эксперимента.

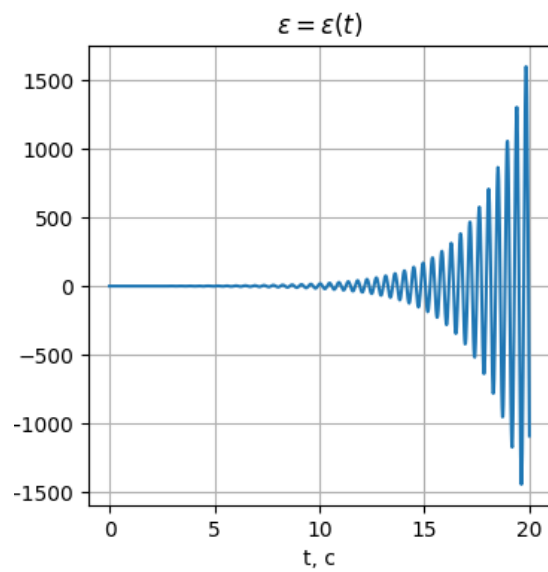


Рисунок 7: График ошибки $e(t)$ третьего эксперимента.

3.3 Построение адаптивной системы управления

В этом задании необходимо промоделировать адаптивную систему управления объекта с регулятором

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + bu, \\ y = Cx, \\ u = \hat{\theta}^T x + \frac{1}{\kappa} g, \\ \dot{\hat{\theta}} = \gamma x b^T P e, \end{cases}$$

В ходе моделирования было проведено три эксперимента для фиксированного значения $\gamma = 1000$. В ходе первого эксперимента параметры не были отклонены. Результаты моделирования представлены на рис. 8 и 9. Видно, что система сходится, а ошибка стремится к нулю.

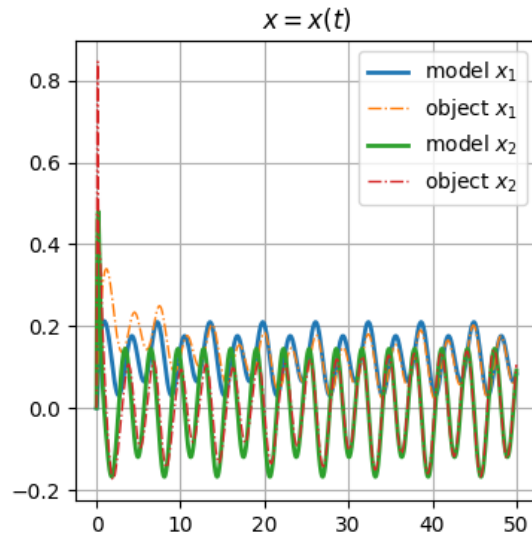


Рисунок 8: Графики траекторий $x_M(t)$ и $x(t)$ первого эксперимента адаптивной системы.

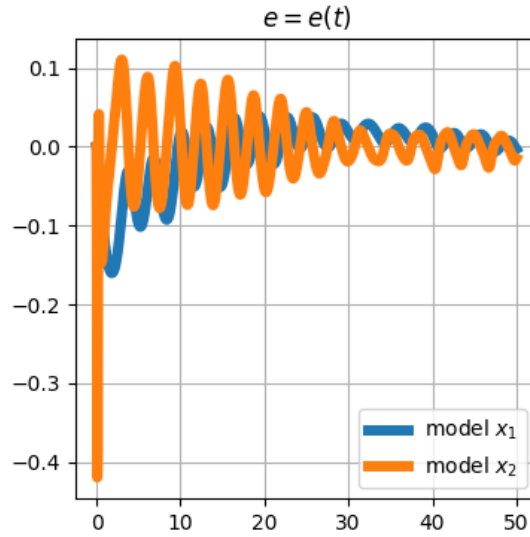


Рисунок 9: График ошибки $e(t)$ первого эксперимента адаптивной системы.

В ходе второго эксперимента параметры объекта были незначительно отклонены,

$A_{new} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 8 \end{bmatrix}$. Результаты моделирования приведены на рис. 10 и 11.

Видно, что система остается устойчивой, а ошибка лишь незначительно возросла по сравнению с первым экспериментом.

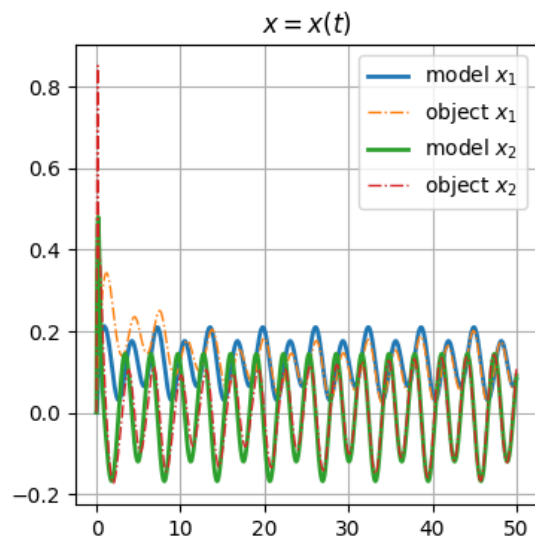


Рисунок 10: Графики траекторий $x_M(t)$ и $x(t)$ второго эксперимента адаптивной системы.

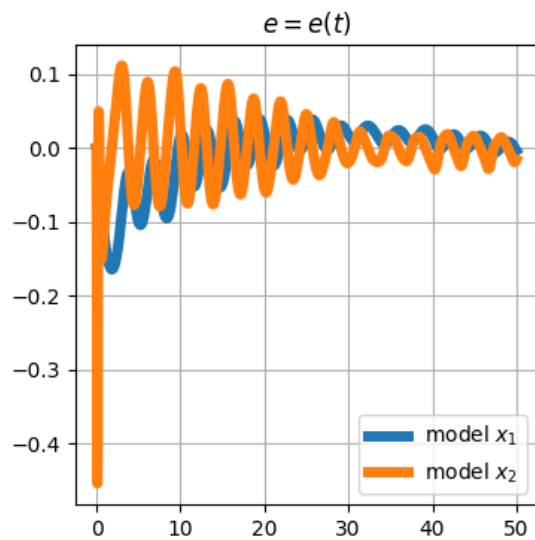


Рисунок 11: График ошибки $e(t)$ второго эксперимента адаптивной системы.

В ходе третьего эксперимента параметры объекта были отклонены значительно, $A_{new} = \begin{bmatrix} 5 & 6 \\ 4 & 12 \end{bmatrix}$. Результаты моделирования приведены на рис. 12 и 13. Видно, что система устойчива, а ошибка стремится к нулю.

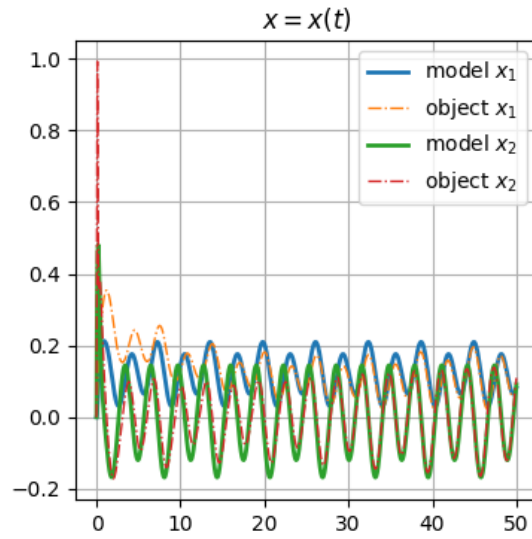


Рисунок 12: Графики траекторий $x_M(t)$ и $x(t)$ третьего эксперимента адаптивной системы.

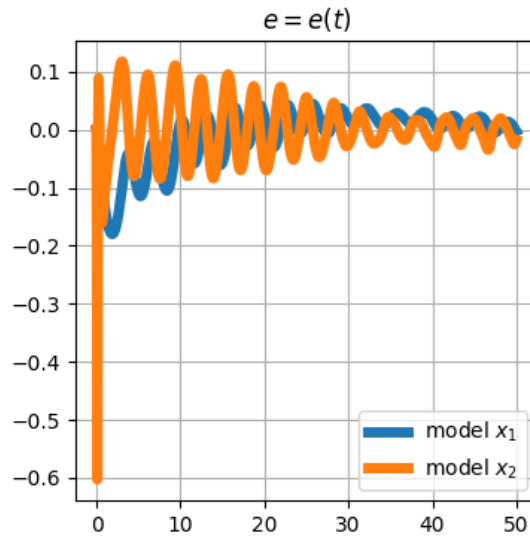


Рисунок 13: График ошибки $e(t)$ третьего эксперимента адаптивной системы.

Из всех трех экспериментов видно, что насколько сильным не было бы отклонение параметров объекта, благодаря адаптивному закону управления система остается устойчивой.

Используя расчетные значения параметров объекта, были проведены эксперименты с тремя различными значениями $\gamma = \{0.0001, 1, 20\}$. Результаты моделирования представлены на рис. 14-19.

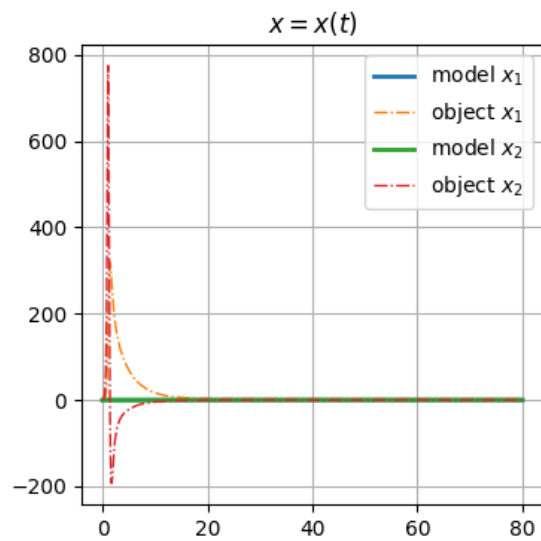


Рисунок 14: Графики траекторий $x_M(t)$ и $x(t)$ адаптивной системы при $\gamma = 0.0001$.

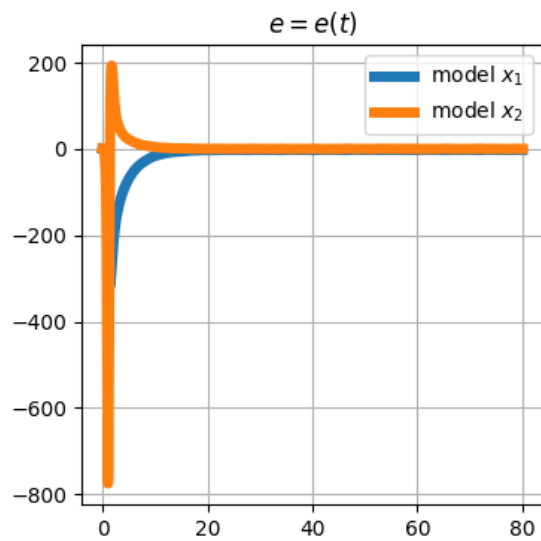


Рисунок 15: График ошибки $e(t)$ адаптивной системы при $\gamma = 0.0001$.

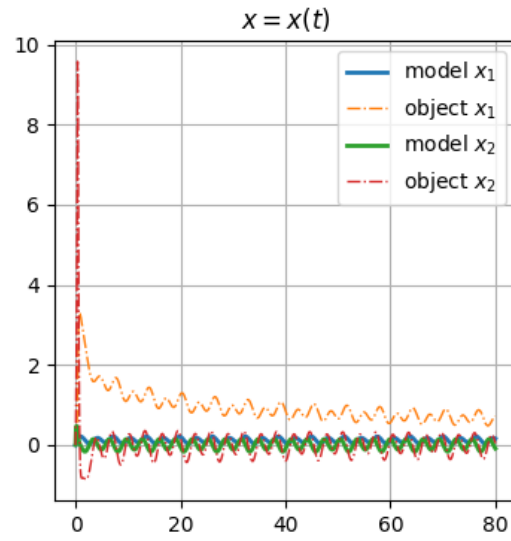


Рисунок 16: Графики траекторий $x_M(t)$ и $x(t)$ адаптивной системы при $\gamma = 1$.

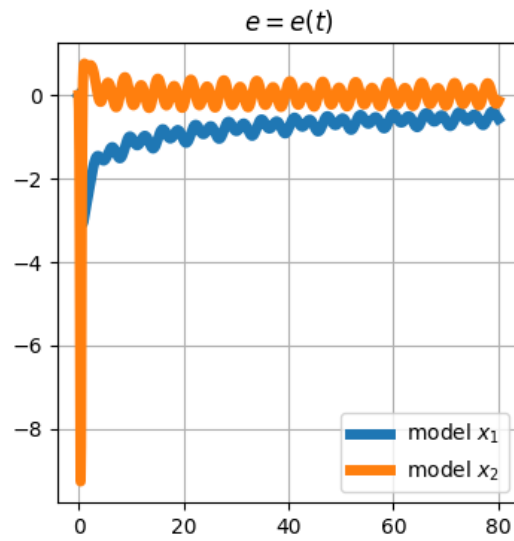


Рисунок 17: График ошибки $e(t)$ адаптивной системы при $\gamma = 1$.

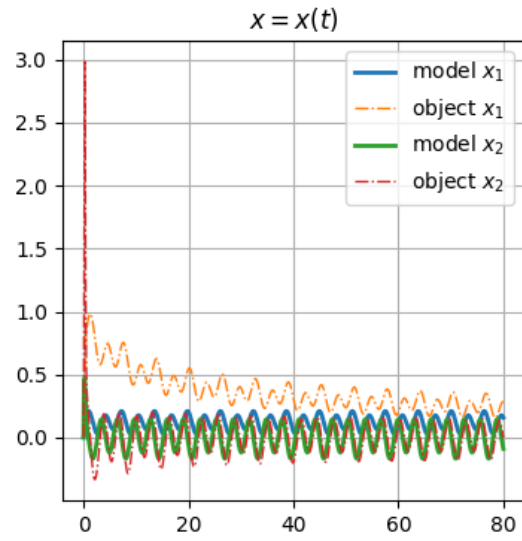


Рисунок 18: Графики траекторий $x_M(t)$ и $x(t)$ адаптивной системы при $\gamma = 20$.

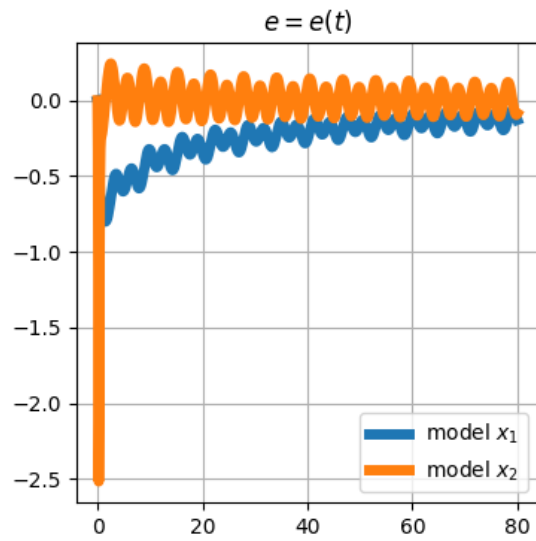


Рисунок 19: График ошибки $e(t)$ адаптивной системы при $\gamma = 20$.

В конце был проведен эксперимент с $\gamma = 1000$, $A_{new} = \begin{bmatrix} 5 & 6 \\ 4 & 12 \end{bmatrix}$ при $g(t) = 1$.
Результаты моделирования представлены на рис.20 и 21.

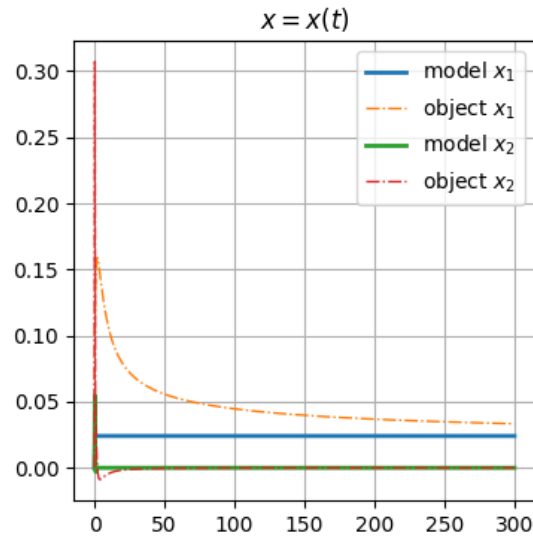


Рисунок 20: График траекторий $x_M(t)$ и $x(t)$ адаптивной системы при $g(t) = 1$.

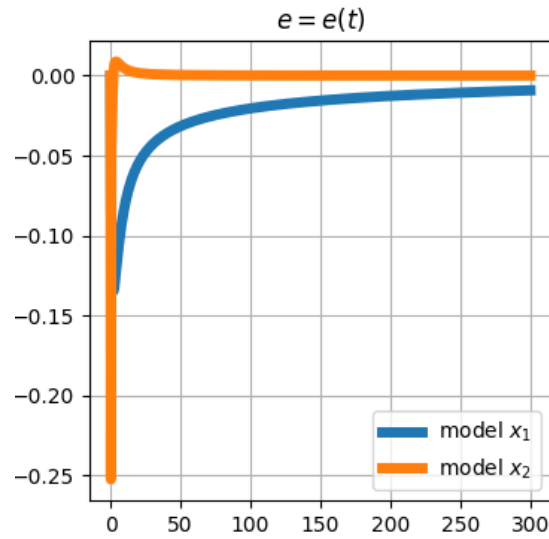


Рисунок 21: График ошибки $e(t)$ адаптивной системы при $g(t) = 1$.

4 Заключение

В ходе выполнения заданий было показано, что адаптивный регулятор, в отличие от регулятора по рассчитанным параметрам, обеспечивает устойчивость системы при любых сдвигах параметров объектов.