

Адаптивное и робастное управление  
Работа №4(6)  
Отчет В-17

Кирилл Лалаянц  
Егор Прокопов

September 15, 2024

Преподаватель: Козачёк О.А.

## 1 Цель работы

Освоение процедуры синтеза адаптивного наблюдателя линейного объекта.

## 2 Выполнение

В работе проведено моделирование системы для  $n = 2$ :

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \\ \hat{x} = \sum_{i=0}^n \hat{\theta}_{i+1}(sI - A_0)^{-1}e_{n-i}[y] + \sum_{j=0}^n \hat{\theta}_{j+1+n}(sI - A_0)^{-1}e_{n-j}[u] \\ \varepsilon = y - C\hat{x} \\ \dot{\hat{\theta}} = \gamma\omega\varepsilon \end{cases}$$

$$A = \begin{bmatrix} -a_1 & 1 \\ -a_0 & 0 \end{bmatrix}; A_0 = \begin{bmatrix} -k_1 & 1 \\ -k_0 & 0 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_0 \end{bmatrix}; C = [1 \quad 0];$$

$$A_0 = A - \theta C - \text{условие согласования, где } \theta^T = [k_0 - a_0 \quad k_1 - a_1];$$

$$\omega = \left[ \frac{1}{K(s)}[y] \quad \frac{s}{K(s)}[y] \quad \frac{1}{K(s)}[u] \quad \frac{s}{K(s)}[u] \right]; K(s) = s^2 + k_1s + k_0.$$

При моделировании использовались следующие значения параметров:

- $a_1 = 2; a_0 = 4;$
- $b_1 = 3; b_0 = 5;$
- $k_1 = 4; k_0 = 4;$
- $\gamma = 0.25$  (субоптимальное значение, выбранное экспериментально);
- начальные условия всех векторов состояния равны 0.

## 2.1 Управление с одной гармоникой

Сначала было проведено моделирование при  $u_1 = 10\sin(t)$ . Так как не выполняется условие незатухающего возбуждения, параметрическая ошибка  $\tilde{\theta} = \theta - \hat{\theta}$  и норма ошибки вектора состояния  $\|\hat{x} - x\|$  не сходятся к 0. Результаты представлены на рис. 1 - 2.

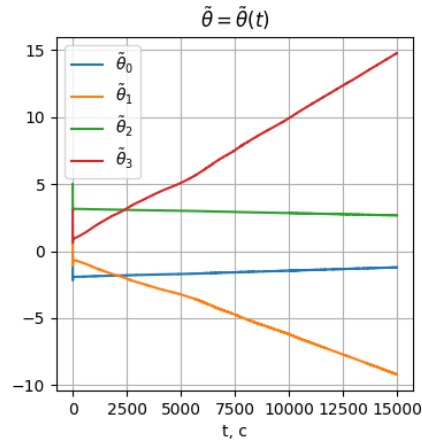


Рисунок 1: График параметрической ошибки адаптивного наблюдателя линейного объекта при управлении  $u_1$ .

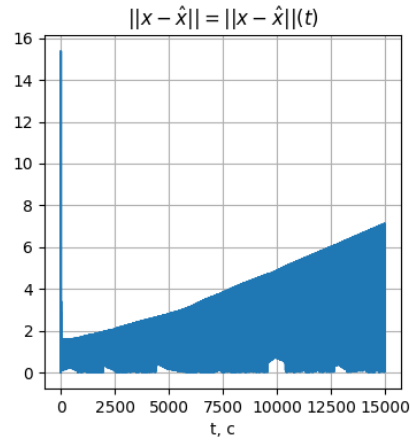


Рисунок 2: График нормы ошибки вектора состояния адаптивного наблюдателя линейного объекта при управлении  $u_1$ .

## 2.2 Управление с несколькими гармониками

Проведено моделирование при  $u_2 = 10\sin(t) + 5\cos(2t) + 4\cos(4t) + 3\cos(8t)$ . Так как выполняется условие незатухающего возбуждения, параметрическая ошибка  $\tilde{\theta} = \theta - \hat{\theta}$  и норма ошибки вектора состояния  $\|\hat{x} - x\|$  сходятся к 0. Результаты представлены на рис. 3 - 4.

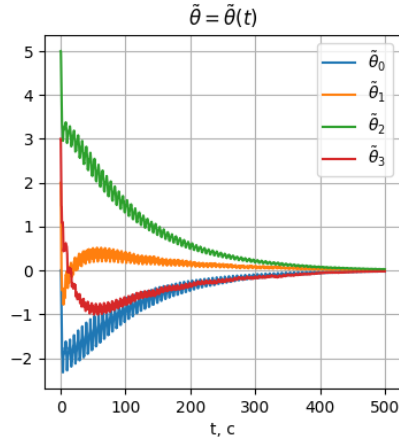


Рисунок 3: График параметрической ошибки адаптивного наблюдателя линейного объекта при управлении  $u_2$ .

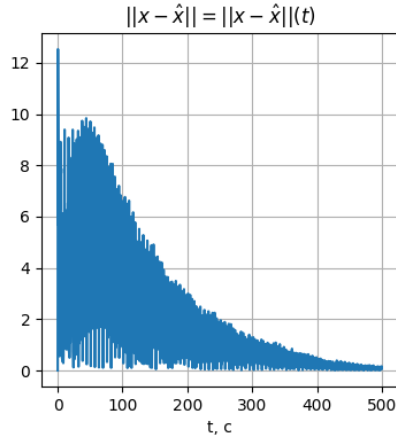


Рисунок 4: График нормы ошибки вектора состояния адаптивного наблюдателя линейного объекта при управлении  $u_2$ .

### 3 Заключение

При соответствующем условию незатухающего возбуждения управления  $u$ , адаптивный наблюдатель линейного объекта имеет следующие свойства:

- все сигналы ограничены;
- $\varepsilon \rightarrow 0$  асимптотически;
- $\tilde{\theta} \rightarrow 0$  экспоненциально;
- $x - \hat{x} \propto \tilde{\theta}$ .

Моделирование в среде Simulink подтвердило данные свойства.