

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РОБОТОТЕХНИКИ

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №5
по дисциплине
«ТЕОРИЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ»
на тему
«СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО НАБЛЮДАТЕЛЯ (ФИЛЬТРА
КАЛМАНА) И ЛКГ-СИНТЕЗ»
Вариант 31

Выполнил: студент гр. R3441
Румянцев А. А.

Проверил: преподаватель
Парамонов А. В.

Санкт-Петербург
2025

Содержание

1	Цель работы	3
2	Постановка задачи	3
3	Экспериментальная часть	4
3.1	Исходные данные	4
3.2	Расчет матрицы коррекции наблюдателя	4
3.3	Моделирование системы	4
3.4	Моделирование системы с отклонениями коэффициентов в матрице коррекции наблюдателя	4
3.5	Моделирование системы с отклонениями значений в матрице энергии W	4
3.6	Моделирование системы с отклонением значения энергии V	4
3.7	Моделирование системы с ЛКГ регулятором и фильтром Калмана	4
4	Вывод	4

1. Цель работы

Исследовать оптимальный наблюдатель (фильтр Калмана) и линейно квадратичный гауссовский регулятор.

2. Постановка задачи

Дан объект управления:

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

где w, ν – сигналы вида «белый шум» с нулевыми математическими ожиданиями $M[w] = M[\nu] = 0$ и автокорреляционными функциями $M[w(t)w^T(\tau)] = W\delta(t - \tau)$, $M[\nu(t)\nu(\tau)] = V\delta(t - \tau)$ с известными постоянными спектральными плотностями (энергиями) W и V соответственно.

Задача заключается в построении оптимального наблюдателя, генерирующего оценку \hat{x} :

$$\|x(t) - \hat{x}(t)\| \leq \Delta \quad \forall t \geq T,$$

где Δ и T – максимальная ошибка и время настройки наблюдателя соответственно. Критерий оптимальности представлен следующим функционалом:

$$J = M[e_L^T e_L],$$

где $e_L = x - \hat{x}$ – ошибка наблюдения, $M[\cdot]$ – математическое ожидание.

Наблюдатель задается следующей структурой:

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + bu + L(y - C\hat{x}), \quad \hat{x}(0),$$

где матрица L рассчитывается на основе уравнения Риккати:

$$\begin{cases} AP + PA^T + GWG^T - PC^T V^{-1} CP = 0, \\ L = PC^T V^{-1} \end{cases}$$

3. Экспериментальная часть

3.1. Исходные данные

Согласно варианту 31, матрицы A, b, C, G, W, Q :

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -9 \\ 1 & -4 \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} 5 \\ 0 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}^T, G = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, W = \begin{bmatrix} 7 & 5 \\ 5 & 6 \end{bmatrix}, Q = \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 4 \end{bmatrix}$$

Параметры $V = 1, r = 4$.

3.2. Расчет матрицы коррекции наблюдателя

...

3.3. Моделирование системы

...

3.4. Моделирование системы с отклонениями коэффициентов в матрице коррекции наблюдателя

...

3.5. Моделирование системы с отклонениями значений в матрице энергии W

...

3.6. Моделирование системы с отклонением значения энергии V

...

3.7. Моделирование системы с ЛКГ регулятором и фильтром Калмана

...

4. Вывод

...