

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
УПРАВЛЕНИЯ

**Специальный физический практикум:
управление динамическими
объектами**

Система управления положением антенны

Отчёт студента IV курса
Завгороднего Игоря Викторовича

Преподаватель:
Митришкин Ю.В.

Москва
2018

Содержание

1.	Постановка задачи управления	2
2.	Описание линейной модели объекта	2
3.	Анализ системы	2
4.	Синтез PID-регулятора	4
5.	Дополнительное исследование системы	8
6.	Вывод	8
7.	Список используемой литературы	9

1. Постановка задачи управления

Передо мной стояла задача синтезировать такой регулятор для системы, для которого при заданном входном сигнале, $r(t) = Bt$, установившаяся ошибка не превышала бы $0,01B$. А в случае ступенчатого входного сигнала перерегулирование не превышало 5%, а время установления (по критерию 2%) должно быть менее 2 с.

Кроме того, требовалось построить график переходной характеристики системы и, полагая $R(s) = 0$, определить влияние возмущения $D(s) = Q/s$ на выходную переменную $Y(s)$.

Синтез регулятора осуществлялся в среде SIMULINK, входящей в комплекс Matlab.

Мне удалось найти необходимые параметры, а также исследовать поведение системы при различных входных данных.

Давайте рассмотрим ход работы и проанализируем полученные результаты.

2. Описание линейной модели объекта

Большая антенна предназначена для приёма сигналов со спутника. Она должна с высокой точностью следить за изменением его положения на орбите. Система управления антенной включает в себя двигатель, управляемый по цепи якоря, и регулятор, который требуется синтезировать.

3. Анализ системы

Прежде чем мы приступим к выполнению задачи, нам следует получить некие сведения о системе.

Рассмотрим, как работает разомкнутая система без регулятора. После использования команды `step` реакция системы на “ступеньку” растёт неограниченно, а команда `isstable` возвращает 0, что говорит о неустойчивости системы.

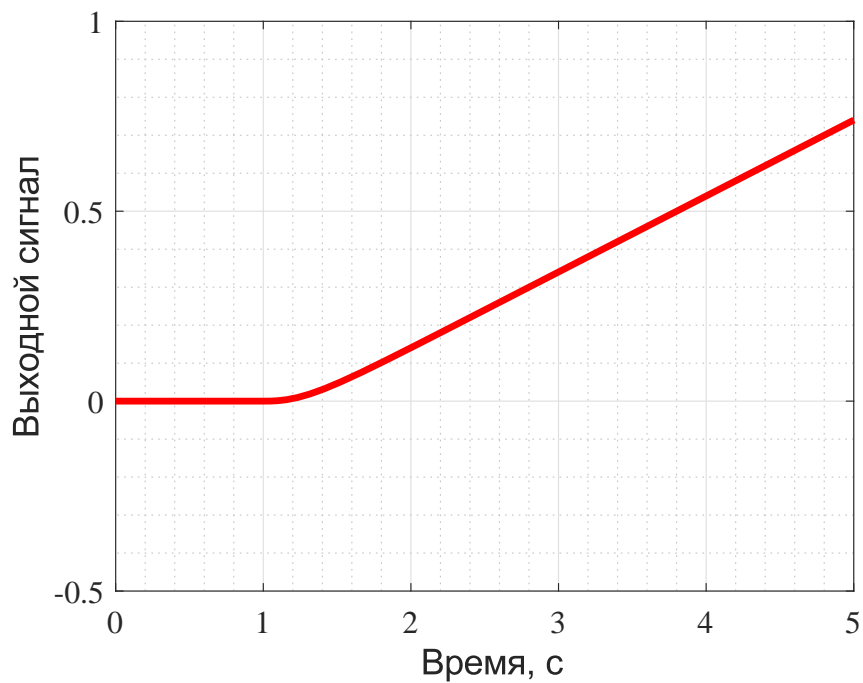


Рис. 1: Реакция разомкнутой системы на ступеньку

Очевидно, что это противоречит нашим требованиям, сформулированным в постановке задачи.

Рассмотрим теперь замкнутую систему, которая выглядит следующим образом:

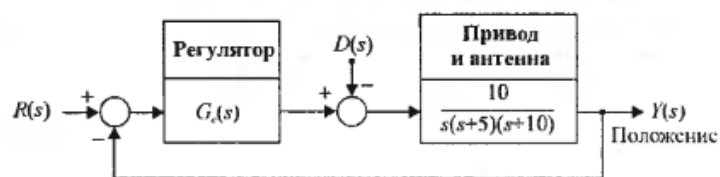


Рис. 2: Система управления положением антенны

Для определённости возьмём $Q = 0.0001$ и $Reg = 1$. Реакция данной системы на единичную ступеньку выглядит следующим образом:

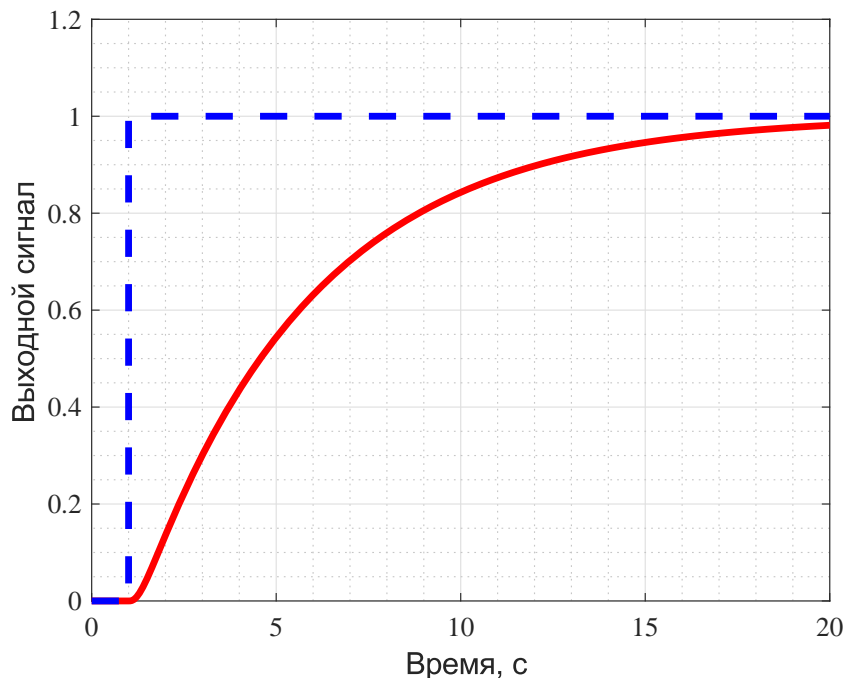


Рис. 3: Реакция замкнутой системы на ступеньку

Далее найдем все полюса системы. Как видно из рисунка 4 у системы все полюса системы вещественные. Нулевой полюс находится на границе устойчивости, влияние остальных на поведение системы заметно ниже.

4. Синтез PID-регулятора

Пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор — устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса. ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально разности входного сигнала и сигнала обратной связи (сигнал рассогласования), второе — интеграл сигнала рассогласования, третье — производная сигнала рассогласования.

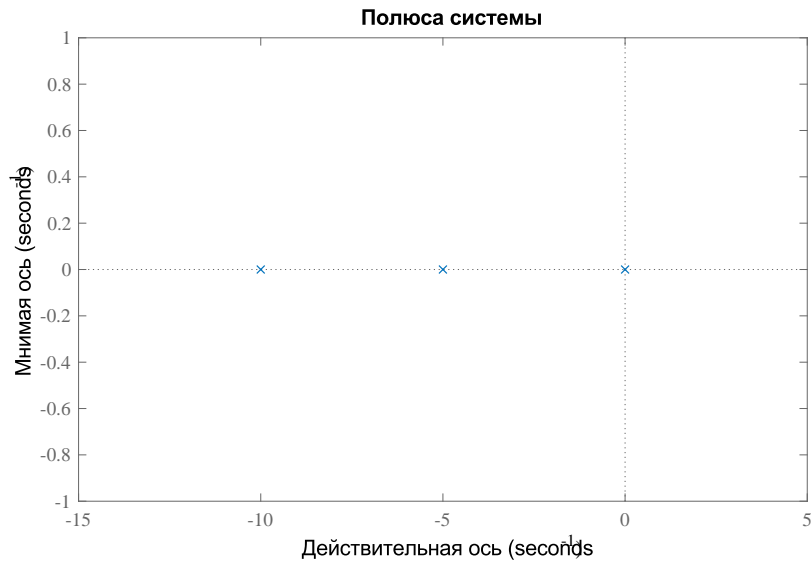


Рис. 4: Полюса передаточной функции

Напомним, что на вход системе подаётся линейно возрастающий сигнал $r(t) = Bt$, для удобства возьмём коэффициент $B = 13$, таким образом мы должны добиться соблюдения следующих условий:

- установившаяся ошибка не должна превышать 0,13;
- в случае ступенчатого входного сигнала перерегулирование не должно превышать 5%;
- время установления (по критерию 2%) должно быть менее 2 с.

Передаточная функция ПИД-регулятора в общем случае выглядит так:

$$Reg(s) = K_P + K_I \frac{1}{s} + K_D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}} \quad (1)$$

1при помощи функций `pidtool` и `pidtune` в среде Matlab, были получены следующие значения для коэффициентов:

- $K_P = 17.4851130836651$;
- $K_I = 0.916494149876436$;

- $K_D = 8.87298672654388$;
- $N = 703.826906485883$;

Установившаяся ошибка стремится к нулю со временем:

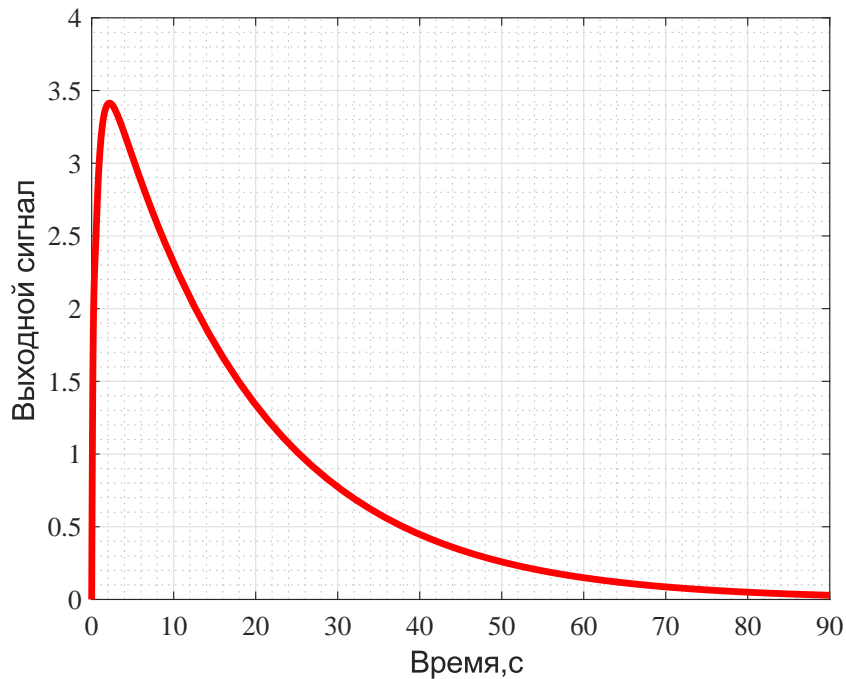


Рис. 5: Установившаяся ошибка

После построения системы управления были измерены следующие показатели:

- Время нарастания (rise time)=0,687 сек.;
- Время установления (settling time)=1,55 сек.;
- Коэффициент проскакивания (overshoot) = 0,97%;
- Запас по амплитуде (gain margin) = 40,4 dB @ 95,9 rad/s;
- Запас по фазе (phase margin) = 79,2 deg @ 6,16 rad/s;
- Система устойчива.

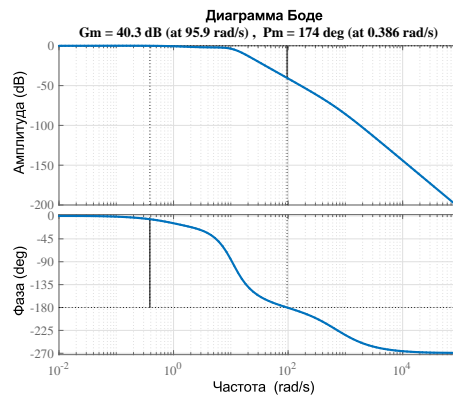


Рис. 6: Диаграмма Боде

Данные показатели удовлетворяют указанным условиям.

Кроме того, удалось определить влияние возмущения $D(s) = Q/s$ на выходную переменную $Y(s)$. Для этого было необходимо было рассмотреть выходной сигнал при нулевом входном воздействии и ненулевом возмущении:

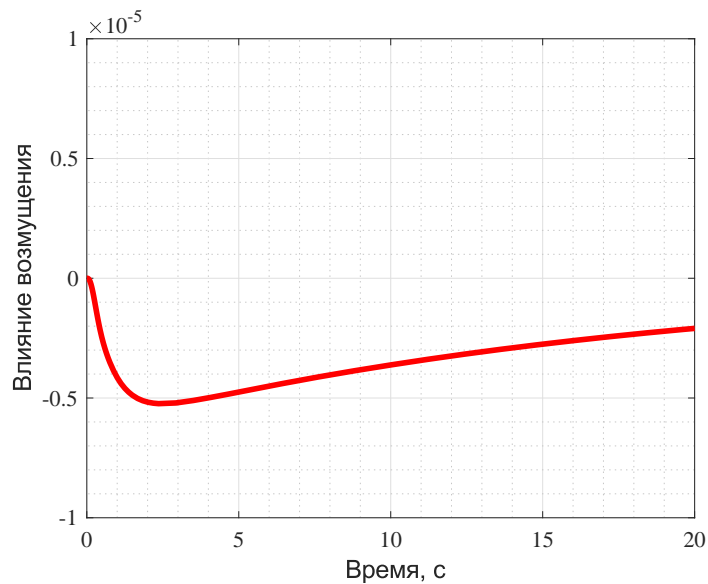


Рис. 7: Влияние возмущения на выходной сигнал

5. Дополнительное исследование системы

Было исследовано поведение при входном ступенчатом сигнале с амплитудой 10, и тремя последовательными импульсами возмущения с амплитудами 10, 10 и -10.

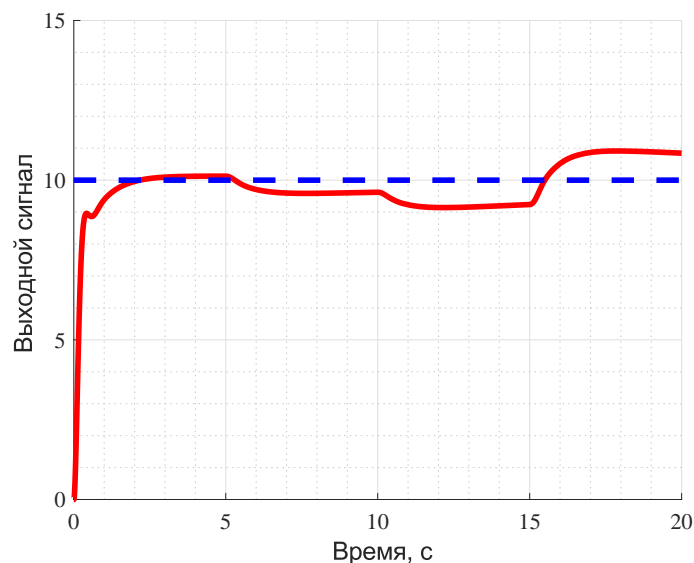


Рис. 8: Влияние ступенчатого возмущения на выходной сигнал

6. Вывод

- Удалось синтезировать ПИД-регулятор, удовлетворяющий заданным условиям;
- Дополнительное исследование системы позволяет говорить об устойчивости системы, достигнутой благодаря синтезу регулятора.

7. Список используемой литературы

- [1] Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. М.: Лаборатория базовых знаний, Юнимедиасти́л, 2002
- [2] Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. 616 с.
- [3] Control Tutorials for MATLAB and Simulink (CTMS) [Электронный ресурс] <http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php>