МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РОБОТОТЕХНИКИ

**Лабораторная работа №12:**

**«Слежение и компенсация»**

по дисциплине Теория автоматического управления

Выполнил: Студент группы R33362 Осинина Т. С

Преподаватель: Перегудин А.А.

Санкт-Петербург, 2023

# Задание №1. Компенсирующий регулятор по состоянию

Придумайте объект управления вид а и генератор внешнего возмущения вида . Размерности векторов x и w должны быть различными, каждая – не менее 3.   
Должны быть выполнены условия: пара стабилизируема. Задайтесь целевой переменной и найдите регулятор вида , который обеспечит выполнение целевого условия

Рассмотрите уравнения объединённой системы с вектором состояния   
и выходом z в двух вариантах: разомкнутую (при ) и замкнутую (при ). В обоих случаях найдите матрицу наблюдаемости объединённой системы и определите её ранг.

**Решение:**

Сначала придумаем объект управления.

Далее проверим выполнены ли все условия. Найдем собственные числа матрицы

Следовательно, условия выполнены. Осталось проверить пару на стабилизируемость. Для этого строим матрицу управляемости:

Ранг матрицы U равен , следовательно все собственные числа управляемы, а значит, и стабилизируемы.

Далее задались целевой переменной , в данном случае для нас важно, чтобы компонента сводилось к 0 при .

После находим регулятор .

Вычисляем матрицу , для этого синтезируем модальный регулятор. Сначала выберем матрицы и такую, что :

Решая уравнение Сильвестра, находим матрицу .

Далее вычисляем , решаем следующее уравнение регулятора.

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 1. Цель управления z(t)

**Изображение выглядит как диаграмма, линия, Технический чертеж, План

Автоматически созданное описание**

Рисунок 2. Схема моделирования

Далее рассмотрим разомкнутую систему при .

Рассмотрим систему в матричной форме:

Матрица наблюдаемости:

Ранг данной матрицы равен 7.

Далее рассмотрим замкнутую систему при

Рассмотрим систему в матричной форме:

Матрица наблюдаемости:

Ранг данной матрицы равен 3.

Вывод: в данном задании мы вычислили компенсирующий регулятор по состоянию, по графику *Рисунок 1. Цель управления z(t)* видим, что цель выполнена, так как график сходится к 0. Однако при построении матрицы наблюдаемости замкнутой и разомкнутой, вычислив ранг данных матриц, заметили, что замкнутая матрица не наблюдаема, таким образом мы свели влияние внешних возмущений к нулю, однако потеряли наблюдаемость системы.

**Задание №2. Следящий регулятор по состоянию**

Придумайте объект управления вида и генератор задающего воздействия вида . Размерности векторов x и должны быть различными, каждая – не менее 3.   
Должны быть выполнены условия   
пара стабилизируема.  
  
Задайтесь целевой переменной и найдите регулятор вида   
, который обеспечит выполнение целевого условия

Рассмотрите уравнения объединённой системы с вектором состояния (x, ) и выходом zв двух вариантах: разомкнутую (при u ≡ 0) и замкнутую   
(при ). В обоих случаях найдите матрицу наблюдаемости объединённой системы и определите её ранг.

**Решение:**

Сначала придумаем объект управления.

Далее проверим выполнены ли все условия. Найдем собственные числа матрицы

Следовательно, условия выполнены. Осталось проверить пару на стабилизируемость. Для этого строим матрицу управляемости:

Ранг матрицы U равен , следовательно все собственные числа управляемы, а значит, и стабилизируемы.

Далее задались целевой переменной , в данном случае для нас важно, чтобы компонента сводилось к 0 при .

После находим регулятор .

Вычисляем матрицу , для этого синтезируем модальный регулятор. Сначала выберем матрицы и такую, что :

Решая уравнение Сильвестра, находим матрицу .

Далее вычисляем , решаем следующее уравнение регулятора.

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма, Параллельный

Автоматически созданное описание

Рисунок 3. Цель управления z(t)

Далее рассмотрим разомкнутую систему при .

Рассмотрим систему в матричной форме:

Матрица наблюдаемости:

Ранг данной матрицы равен 7.

Далее рассмотрим замкнутую систему при

Рассмотрим систему в матричной форме:

Матрица наблюдаемости:

Ранг данной матрицы равен 3.

Вывод: в данном задании сделали такие же выводы, как и в прошлом задании.

# Задание №3. Регулятор по выходу при различных y и z

Самостоятельно придумайте матрицы для уравнений

, , , ,

где измеряемой величиной является y(t), а регулируемой – z(t).   
  
Размерность каждого из векторов x и должна быть не менее 3, при этом они могут быть одинаковыми. Выберите матрицы так, чтобы переменные y и z были различными.

Постройте регулятор по выходу, который формирует управляющее воздействие u(t) на основе измеряемой величины y(t) и достигает цели управления

Представьте уравнения регулятора в форме вход-состояние-выход, найдите его собственные числа, сравните их с собственными числами матрицы .

**Решение:**

Сначала придумаем объект управления.

Построим регулятор по выходу, который формирует управляющее воздействие u(t) на основе измеряемой величины y(t) и достигает цели управления. Для этого найдем .

Вычисляем матрицу , для этого синтезируем модальный регулятор. Сначала выберем матрицы и такую, что :

Решая уравнение Сильвестра, находим матрицу .

Далее вычисляем . Выберем матрицу .

Проверим пару ( на обнаруживаемость.

Следовательно, пара ( на обнаруживаема.

Вычислим .

Находим

Найдем уравнения регулятора в форме вход-состояние-выход, найдем его собственные числа, сравним их с собственными числами матрицы .

Представим уравнения в матричной форме.

Находим собственные числа матрицы

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 4. Цель управления z(t)

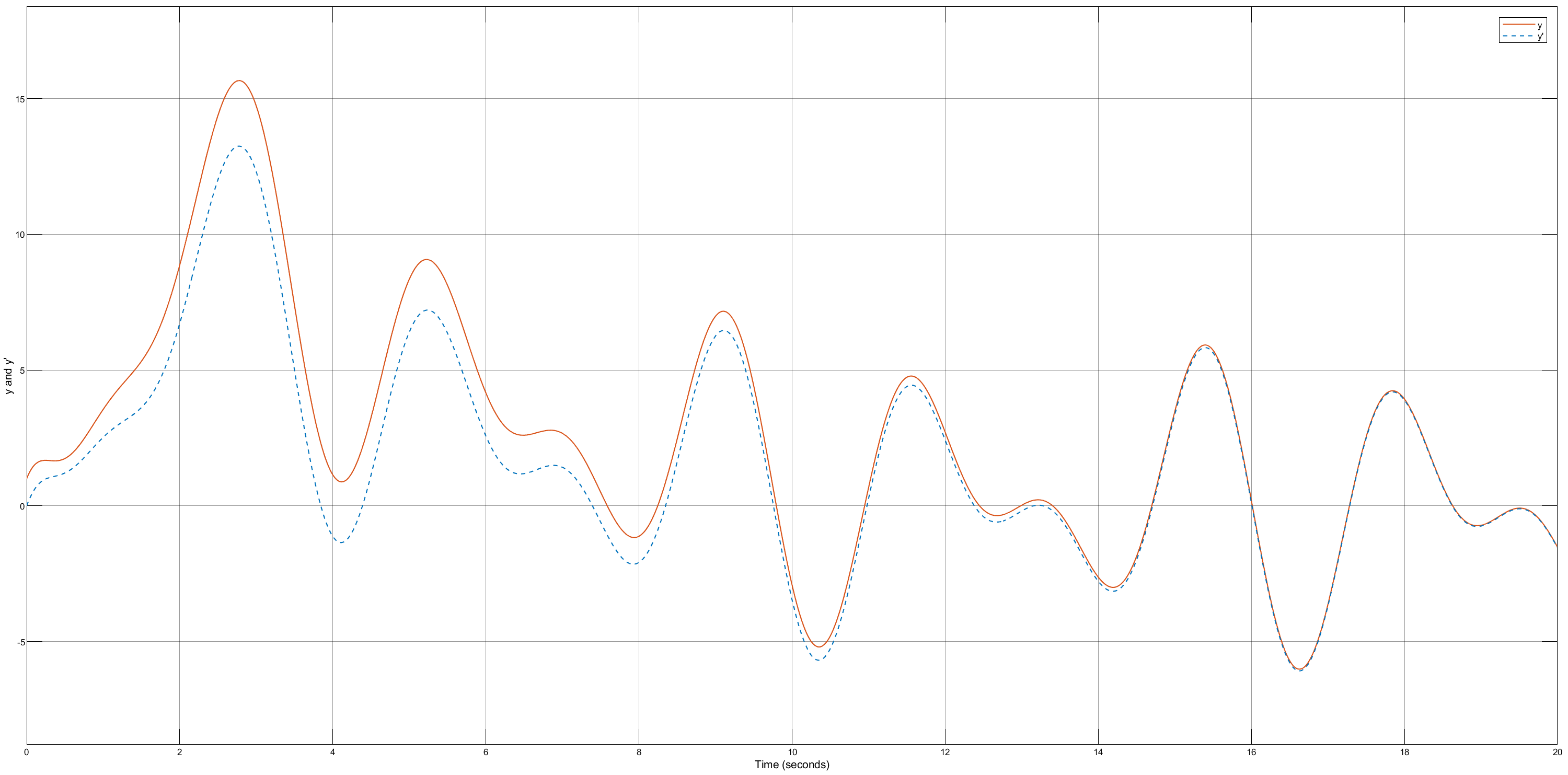


Рисунок 5. Графики y(t) и y'(t)

Вывод: в данном задание был смоделирован регулятор по выходу при различных y и z. Сравнивая собственные числа матрицы и можно заметить, что одинаковых числе нет, но есть близкие по значению.

# Задание №4. Регулятор по выходу при одинаковых y и z

Самостоятельно придумайте матрицы для уравнений

, , ,

где измеряемая величина y(t) и регулируемая величина z(t) совпадают.

Размерность каждого из векторов x и w должна быть не менее 3, при этом они могут быть одинаковыми.   
  
Постройте регулятор по выходу, который формирует управляющее воздействие u(t) на основе измеряемой величины y(t) и достигает цели управления

Представьте уравнения регулятора в форме вход-состояние-выход, найдите его собственные числа, сравните их с собственными числами матрицы .

**Решение:**

Аналогичным способом (как и в предыдущем задании) вычислим матрицы регулятора.

Представим уравнения в матричной форме.

Определим собственные числа матрицы .

Изображение выглядит как диаграмма, зарисовка, Технический чертеж, План

Автоматически созданное описание

Рисунок 6. Схема моделирования

Изображение выглядит как линия, График, диаграмма, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 7. Графики цели управления y(t) = z(t)

Вывод: в данном задание был смоделирован регулятор по выходу при одинаковых y и z. Сравнивая собственные числа матрицы и можно заметить, что собственные числа соответствуют данной матрице. Следовательно, мы подтвердили принцип внутренней модели. Также график y(t) сходится к 0, значит, регулятор был рассчитан верно.

# Задание №5. Тележка и меандр

Постройте математическую модель простого тела (тележки), в которой измеряемым выходом y(t) является её координата.

Задайте сигнал в виде меандра (англ. square wave) с произвольной амплитудой и периодом. Разложите сигнал в ряд Фурье,   
возьмите конечное число гармоник и получите соответствующий приближённый сигнал g(t), который и будет являться эталонным сигналом   
для вашего тела (тележки). Сформируйте конечномерный линейный генератор (систему вида ), которая способна порождать сигнал g(t).

Постройте регулятор, который принимает на вход разность g(t) − y(t)   
и формирует управляющее воздействие u(t), которое обеспечивает выполнение целевого условия

Сделайте выводы о достоинствах и недостатках такого регулятора.

**Решение:**

Сначала построим математическую модель тележки:

Зададим сигнал в виде меандра с произвольной амплитудой и периодом (:

Для упрощения формулы выберем ,

Сформируем конечномерный линейный генератор (систему вида ), которая способна порождать сигнал g(t).

Синтезируем регулятор, который принимает на вход разность g(t) − y(t)   
и формирует управляющее воздействие u(t), которое обеспечивает выполнение целевого условия:

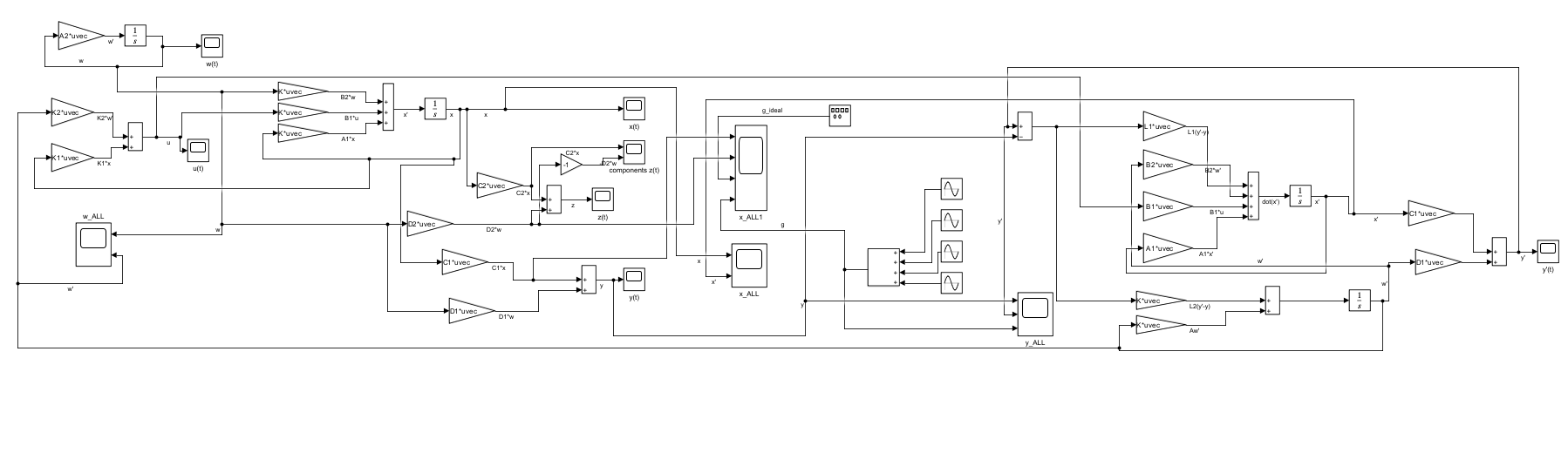


Рисунок 8. Схема моделирования

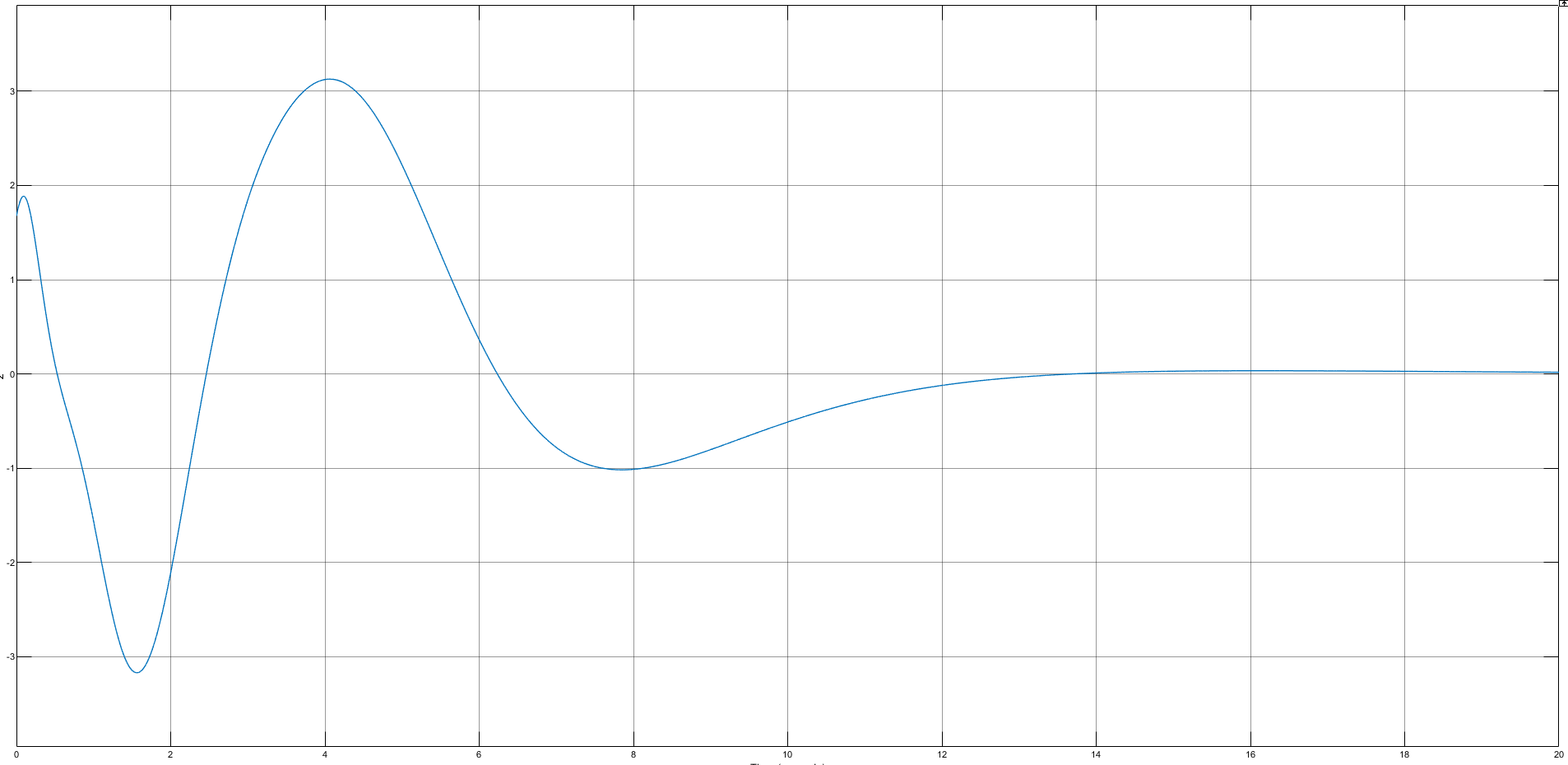


Рисунок 9. График z(t)

Изображение выглядит как линия, диаграмма, текст, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 10. Графики компонент x(t) и

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 11. Графики компонент y(t) и

Изображение выглядит как диаграмма, линия, текст, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 12. График сигналов

Изображение выглядит как линия, диаграмма, График, текст

Автоматически созданное описание

Рисунок 13. График сигналов g(t) и y(t)

Вывод: для тележки был создан регулятор, который выполняет задачу слежения по выходу. График z(t) сходится к 0, не зашумленный выход сходится к меандру.