



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ



А. Ю. Филатов

Задачи по основам теории управления мобильными роботами

Фрагмент конспекта

СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2022 г.





ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. ДВИЖЕНИЕ РОБОТА

1.1 Цель работы

Получить представление об управлении простейшим роботом с двумя степенями свободы.

1.2 Общие положения

В работе требуется написать программу на языке программирования Python.

Проверка работы происходит через автоматизированную систему moodle.

1.3 Порядок выполнения

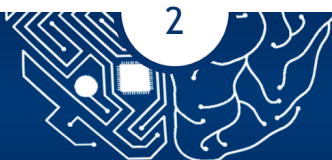
На вход вам подаётся 6 целых чисел: `x_start`, `y_start`, `angle_start`, `x_end`, `y_end`, `max_speed`, `max_time`:

- `x_start`, `y_start` - задают начальную координату робота.
- `angle_start` - задаёт начальный угол поворота робота, величина угла представлена в градусах от 0 до 360, угол отсчитывается относительно оси абсцисс против часовой стрелки.
- `x_end`, `y_end` - задают конечную координату робота.
- `max_speed` - задаёт максимальную скорость, с которой может ехать робот.
- `max_time` - задаёт максимальное время, в течение которого робот может непрерывно ехать.

Вам необходимо предоставить последовательность действий в виде массива, состоящего из элементов вида `[angle, speed, time]`:

- `angle` - угол в градусах, на который повернется робот перед тем, как выполнить очередное действие
- `speed` - скорость в м/с, с которой поедет робот после поворота
- `time` - время в секундах, которое будет ехать робот после поворота.

Выполнив последовательность действий, робот должен оказаться в конечной заданной координате.





Пример входных данных:

0, 0, 0, 1, 1, 0.5, 0.5

Пример выходных данных:

[[45, 0.5, 0.5],[0, 0.5, 0.5],[0, 0.5, 0.5],[0, 0.5, 0.5],[0, 0.5, 0.5],[0, 0.5, 0.2]]

Для того, чтобы успешно выполнить задачу вам необходимо:

- научиться находить прямую, проходящую через две заданные точки;
- вычислять промежуточные координаты робота, зная его текущие координаты и действие, которое он совершит;
- научиться вычислять, сколько роботу осталось проехать до конечной координаты и вовремя останавливаться.

1.4 Результат работы

Пройдена проверка на moodle.

1.5 Контрольные вопросы и задачи

1. Напишите уравнение прямой, проходящей через точки (1, 8), (3, 12).
2. Робот находится в точке с координатами (-3, 4) и смотрит в направлении оси абсцисс, роботу необходимо за один раз повернуться и начать двигаться по прямой линии в направлении точки (5, 0). Напишите формулу для нахождения угла поворота робота.
3. Что такое степень свободы робота? Приведите несколько примеров.





ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ В ПЕРЕДАТОЧНУЮ ФУНКЦИЮ

2.1 Цель работы

Научиться выражать связь между входом и выходом линейной системы.

2.2 Общие положения

Для успешного выполнения работы вам необходимо иметь представление о дифференцировании функций.

Проверка работы происходит через автоматизированную систему moodle.

2.3 Порядок выполнения

Вам дано линейное дифференциальное уравнение, задающее модель объекта, связывающее вход $x(t)$ и выход $y(t)$. Преобразовав это уравнение, вам необходимо найти и записать для него передаточную функцию.

Варианты заданий находятся в приложении.

2.4 Результат работы

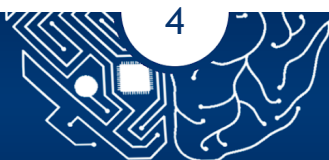
Пройдена проверка на moodle.

2.5 Контрольные вопросы и задачи

1. Что такое дискретная передаточная функция?
2. Решите дифференциальное уравнение первого порядка $y' = x^2 * 3y$.
3. Найдите производную сложной функции $\ln(\sin(4^x)) / (e^{\cos x})$.

2.6 Приложение А. Варианты заданий

Вариант 1.





$$10 \frac{dy(t)}{dt} + 2y(t) = 3 \frac{dx(t)}{dt} + 4x(t)$$

Вариант 2.

$$6 \frac{d^2y(t)}{dt^2} + 5y(t) = 4 \frac{dx(t)}{dt} + 2x(t)$$

Вариант 3.

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} + 8 \frac{dy(t)}{dt} + 13y(t) = 7 \frac{dx(t)}{dt}$$





ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. PID РЕГУЛЯТОР

3.1 Цель работы

Изучить PID регулятор.

3.2 Общие положения

Для выполнения работы необходимо знать теорию PID регулятора.

В работе требуется реализовать программу на языке Python.

Проверка работы осуществляется на moodle.

3.3 Порядок выполнения

Требуется решить задачу, в которой необходимо удержать баланс для конструкции, используя PID регулятор, которая описана <https://gym.openai.com/envs/CartPole-v1/>. На вход функции solution подается внешнее окружение (state), которое описывает состояние объекта (координаты, угол и так далее). Функция должна возвращать 0/1(action), где 0 - движение налево, 1 движение направо

`solution(state) = action`

Описание:

- **action** - 0/1, где 0 - движение налево, 1 движение направо
- **state**:

Таблица 1

Num	Observation	Min	Max
0	Cart Position	-4.8*	4.8*
1	Cart Velocity	$-\infty$	∞





2	Pole Angle	$\sim -0.418 \text{ rad } (-24^\circ)$	$\sim 0.418 \text{ rad } (24^\circ)$
3	Pole Angular Velocity	$-\infty$	∞

Условием для выполнения поставленной задачи является прохождение порога в 200 итераций в описанном окружении.

Решение поставленной задачи состоит из:

- Определение ошибки от идеального положения
- Рассчитать интегральную составляющую регулятора
- Рассчитать дифференциальную составляющую регулятора
- Подобрать коэффициенты.

3.4 Результат работы

Пройдена проверка на moodle.

3.5 Контрольные вопросы и задачи

1. За что отвечает каждая составляющая PID регулятора?
2. Как следует подбирать коэффициенты для PID регуляторов?





ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. КРИТЕРИЙ НАЙКВИСТА

4.1 Цель работы

Изучить Критерий Найквиста.

4.2 Общие положения

Для выполнения работы необходимо изучить критерий Найквиста, что такое передаточная функция системы, что такое частотная характеристика.

В работе требуется реализовать программу на языке Python.

Проверка работы осуществляется на moodle.

4.3 Порядок выполнения

Требуется решить задачу, в которой определяется устойчивость системы. В данной задаче рассматривается случай, когда передаточная функция разомкнутой системы имеет полюса с положительной вещественной частью. На вход функции `solution` подается количество полюсов, список абсцисс рассматриваемой функции, ординаты рассматриваемой функции. По одному индексу находятся абсцисса и ордината одной точки. Решение поставленной задачи состоит из:

- Определить сколько раз функция меняла свой знак до точки $(-1; 0j)$
- По количеству переходов, которые были подсчитаны в предыдущем пункте, воспользоваться критерием Найквиста и сравнивать количество переход с половиной от количества положительных полюсов.

4.4 Результат работы

Пройдена проверка на moodle.

4.5 Контрольные вопросы и задачи

1. Как определить устойчивость системы, если нет полюсов, которые пересекают положительную вещественную часть?





2. Что происходит при смене знака частотной функции по критерию Найквиста?

