

## Домашнее задание 1. Модели в пространстве состояний и их связь с моделями передаточных функций

### Часть 1. Моделирование разомкнутой системы

1. Придумать модель в виде передаточной функции заданного порядка заданного типа (см. варианты на сайте). Для этого задаться корнями характеристического многочлена, которые пересчитать в полином. Задаться небанальным коэффициентом усиления (не равным единице).

*Замечание.* Для задания п.ф. использовать функцию `tf()`.

2. Посчитать отклик объекта, заданного п.ф., на единичный скачок (функция `step`). Убедиться, что у модели коэффициент усиления соответствует заданному, а характер процесса соответствует типу передаточной функции (колебательная, аperiodическая).
3. На основе своей передаточной функции вывести сначала непрерывную, а затем дискретную модель в пространстве состояний методом, описанным на лекции.
4. Сделать то же самое функциями Матлаба.
5. Построить отклик на единичный скачок обеих получившихся дискретных моделях в ПС.
6. Сравнить отклик на единичный скачок модели п.ф. с откликами дискретных моделей ПС.
7. По графикам убедиться, что система имеет заданный в п.1 коэффициент усиления. Если заданный коэффициент усиления не обеспечен, провести коррекцию передаточной функции, не изменяя корни характеристического многочлена.

*Указание.* Используйте расчет установившегося значения, основанный на теореме о предельном значении.

### Часть 2. Моделирование замкнутой системы

1. Написать функцию `u = p_controller(Kc, e)`, которая на основании сигнала рассогласования  $e$  рассчитывает управляющее воздействие по П-закону регулирования. По формуле:

$$u_k = K_c e_k + u_0$$

$u_0$  – смещение управляющего сигнала (если не знаете зачем оно нужно, можно положить равным нулю).

2. На основе кода, моделирующего реакцию разомкнутой системы в ПС на скачок, разработать код, моделирующий переходной процесс в замкнутой системе. **Не нужно рассчитывать п.ф. замкнутой системы!** Нужно сделать управляющее воздействие расчетным по П-закону, а не заданным заранее, на каждой итерации цикла.

Для этого:

- a. В коде до цикла моделирования задать:
    - i. уставку  $SP = 10$ ,
    - ii. коэффициент пропорциональности  $K_c = 0.1$ .
  - b. На каждом шаге моделирования рассчитать  $e = SP - y$ , после чего рассчитать управляющее воздействие  $u = p\_controller(K_c, e)$ .
  - c. Записать полученное управление в `U(:, i)`
  - d. Построить графики, убедиться, что моделирование проходит корректно. Процесс не расходится,  $K_c$  влияет на время регулирования.
3. Подобрать максимальное  $K_c$ , обеспечивающее приемлемое перерегулирование.

### Вопросы к защите

1. Что такое SISO и что такое MIMO?
2. Как связаны передаточная функция и дифференциальное уравнение?
3. Каким образом можно записать дифференциальное уравнение в виде системы дифференциальных уравнений (можно на примере)?
4. Понятие вектора состояния системы.

5. Общий вид модели в пространстве состояний в векторном виде. Что представляют собой матрицы  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ? Какие два типа уравнений составляют модель в пространстве состояний?
6. Переход к дискретной модели в пространстве состояний. Разностная аппроксимация.
7. Как обеспечить требуемый коэффициент усиления для передаточной функции?
8. Каким образом смоделировать переходной процесс в разомкнутой системе в пространстве состояний (ответ в виде набросков кода)?
9. Зачем в МРС используются модели в пространстве состояний?
10. Формула П-регулятора.
11. Моделирование замкнутой системы с П-регулятором и моделью в пространстве состояний.