

Лабораторная работа №5

Расчет коэффициентов регулятора на примере робота Segway

1 Методические рекомендации

До начала работы студент должен выполнить предыдущие работы этого цикла. Необходимо знание методов модального управления.

2 Теоретические сведения

После того как мы получили матрицы состояния и управления для нашего робототехнического механизма, мы можем переходить к расчету регулятора. Для этого я приведу пример построения модального управления. Но это всего лишь один из немногих способов расчета регулятора, вы можете воспользоваться другими. Например, ПИ, ПИД или LQR регуляторами. Во первых, нам нужно убедиться что наша система полностью управляема. Управляемость системы – это свойство системы, описывающее возможность перевести ее из одного состояния в другое. Матрица управляемости $U = \begin{bmatrix} B & AB & A^2B & \dots & A^{n-1}B \end{bmatrix}$. В первом столбце B записано на какие входы подается управление, в следующем AB , как эти входы связаны с объектом управления. Потом, как управляемые состояния связаны с остальными переменными. Если $\det(U) = 0$, значит есть переменная, которая не зависит от управляющего воздействия. Отсюда, объект неуправляем. Для построения регулятора необходимо $\det(U) \neq 0$.

Теперь выберем эталонную матрицу. Эта матрица будет описывать нашу систему вместе с регулятором, соответственно она должна быть устойчивой.

n	Вид полинома
1	$p + \omega_0$
2	$p^2 + 2\omega_0 p + \omega_0^2$
3	$p^3 + 3\omega_0 p^2 + 3\omega_0^2 p + \omega_0^3$
4	$p^4 + 4\omega_0 p^3 + 6\omega_0^2 p^2 + 4\omega_0^3 p + \omega_0^4$
5	$p^5 + 5\omega_0 p^4 + 10\omega_0^2 p^3 + 10\omega_0^3 p^2 + 5\omega_0^4 p + \omega_0^5$
6	$p^6 + 6\omega_0 p^5 + 15\omega_0^2 p^4 + 20\omega_0^3 p^3 + 15\omega_0^4 p^2 + 6\omega_0^5 p + \omega_0^6$

Рис. 1. Биномиальное разложение.

Для выбора этой матрицы нам предлагается воспользоваться полиномами Ньютона или Баттерворта. Для нашей ситуации подойдет полином Ньютона, лишнее перерегулирование нам незначит. Так как у нас модель третьего порядка, а выбор полинома зависит от порядка системы, остановимся на этом $(p^3 + 3\omega_0 p^2 + 3\omega_0^2 p + \omega_0^3)y = u$.

Теперь нужно ответить на вопрос, что такое ω_0 . Значение этого параметра зависит от времени переходного процесса t_n^1 при $\omega_0 = 1$, которое можно посмотреть в следующей таблице.

n	1	2	3	4	5	6
$t_n^1, \text{с}$	3.0	4.8	6.3	7.8	9.2	10.5
$\sigma, \%$	0	0	0	0	0	0

Рис. 2. Качественные показатели.

Для получения необходимого полинома нужно воспользоваться формулой $\omega_0 = \frac{t_n^1}{t_n}$, а t_n следует выбирать в зависимости от интервала квантования вашей системы. В общем случае нужно выбрать значение равное 20 тактам. В зависимости от совершенства математической модели, это значение может изменяться.

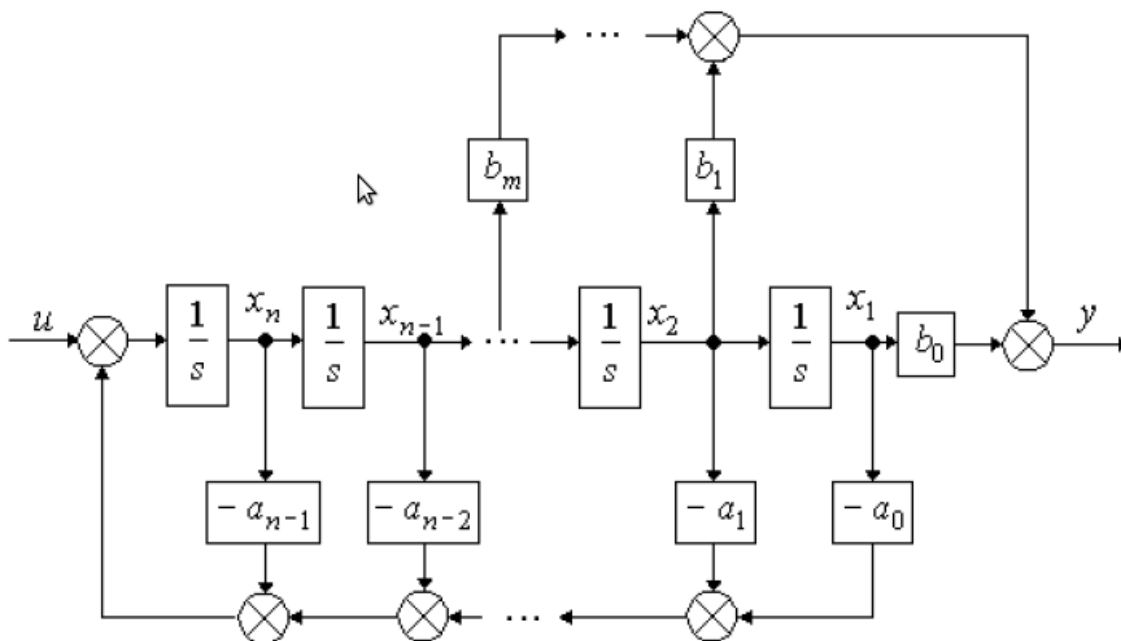


Рис. 3. Представление полинома в канонической управляемой форме.

Далее нужно воспользоваться представлением полученного эталонного полинома $(p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n)y = u$ в канонической управляемой форме.

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \dots & -a_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Мы получили эталонную модель системы.

$$\begin{cases} \dot{\xi} = \xi\Gamma \\ \nu = H\xi \end{cases}, \quad (2)$$

где H , матрица выхода эталонной модели. Выберем закон управления в виде $u = Kx$. После того как мы получили эталонную модель, мы можем составить уравнение, решением которого будет матрица коэффициентов обратной связи.

$$A + BK = M\Gamma M^{-1} \quad (3)$$

Домножим обе части на M , и получим следующее выражение:

$$-AM + M\Gamma = BKM \quad (4)$$

3 Цель работы

Провести расчет регулятора и получить соответствующие коэффициенты. Практически реализовать систему и продемонстрировать ее работу.

4 Порядок выполнения работы

1 Построение регулятора.

1.1 Из полученных матриц состояния и управления рассчитайте регулятор.

1.2 Занесите полученные данные в программу и проверьте их работоспособность.

2 Обработка данных.

2.1 Выведите графики управляющего воздействия и состояния объекта.

5 Содержание отчета

1 Вывод математической модели объекта.

2 Описание объекта в пространстве состояния.

3 Схема моделирования и график, полученные при математическом моделировании.