Р. А. Бобков, А. В. Лубочкин
(*ГГУ им. Ф. Скорины, Гомель*)

ДЕМПФИРОВАНИЕ МАЯТНИКА ПРИ БОЛЬШИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ ОПТИМАЛЬНЫМИ УПРАВЛЕНИЯМИ КУСОЧНО-ЛИНЕЙНО-КВАДРАТИЧНЫХ ЗАДАЧ

Рассматривается задача демпфирования устойчивых положений равновесия нелинейной системы:

$$\ddot{x} + \sin x = u,\ z(0) = \big(x(0), \dot{x}(0)\big) = z_0 = (x_{10}, x_{20}), \qquad (1)$$

которая описывает движения математического маятника, управляемого с помощью приложенного к его оси подвеса управляющего момента u. Устойчивыми состояниями равновесия системы (1) при $u = u(t) \equiv 0, t \geq 0$, на фазовой плоскости $(x, \dot{x})$ являются точки [1]:

$$z^k = (x = 2k\pi, \dot{x} = 0), k \in Z. \qquad (2)$$

Исследуется ситуация, когда отклонение начального состояния системы (1) от нижнего устойчивого состояния равновесия (0,0) настолько велико, что решить задачу гашения колебаний около него с использованием линейной аппроксимации системы (1) невозможно.

Определение ограниченной (дискретной) демпфирующей обратной связи вводится традиционно [1]. Для ее построения в реальном времени используется реализация в каждом конкретном процессе позиционного решения следующей задачи переменной структуры:

$$B_\theta(z) = \min \int_0^\theta u^2(t)dt,\ \ddot{x} + f(x) = u, z(0) = z,$$

$$z(\theta) = \left(x(\theta), \dot{x}(\theta)\right) = z^k,\ |u(t)| \leq L, t \in [0, \theta], \tag{3}$$

в которой нелинейный элемент системы (1) заменен ее простейшей кусочно-линейной аппроксимацией [1], $z = \left(x(\tau), \dot{x}(\tau)\right), \tau \geq 0$ – реализовавшееся в момент τ состояние системы (1), z^k – состояние из (2). При этом минимум в задаче (3) берется не только по u, но и по моментам переключения аппроксимации с одного участка на другой.

Построенные демпферы программно реализованы, просчитаны тестовые примеры.

Литература

1 Габасов, Р. Применение позиционных решений кусочно-линейно-квадратичных задач для демпфирования и стабилизации маятника / Р. Габасов, Ф. М. Кириллова, А. В. Лубочкин // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2002. – № 5. – С. 64–73.