

3. Габасов Р., Габасова О.Р., Дмитриук Н.М. Синтез оптимальной политики для производственно-финансовой модели фирмы П. Программные и позиционные решения // Автоматика и телемеханика. 1998. № 10. С. 95–112.

ИМПУЛЬСНЫЕ УПРАВЛЕНИЯ НАВЕДЕНИЕМ МЕХАНИЗМА ПЕРЕГРУЗКИ ТОПЛИВНЫХ СБОРОК

Ю.Ф. Долгий^{1,2}, А.Н. Сесекин^{1,2}, О.Л. Ташлыков²,
Д.Р. Кувшинов²

¹ Институт математики и механики УрО РАН, Екатеринбург, Россия

² Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
yurii.dolgi@imm.uran.ru, a.n.sesekin@urfu.ru

Введение. Система перегрузки реактора БН-600 предназначена для перегрузки топливных сборок и состоит из совокупности узлов, обеспечивающих наведение механизма перегрузки в заданное положение [1]. На корпусе реактора расположены две поворотные пробки, меньшая из них расположена внутри большой пробки. На меньшей пробке размещен механизм захвата топливной сборки. В данной работе рассматривается задача наведения захвата, расположенного на меньшей пробке, на заданную топливную сборку, которая описывается нелинейной управляемой системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Для ее решения в [2] использовался метод разделения движений поворотных пробок. Если центр масс меньшей пробки лежит на ее оси вращения, то управляемая система линейна. Решение задачи быстрогодействия для нее предложено в [3]. В данной работе при решении нелинейной задачи используются импульсные управления.

1. Постановка задачи. Кинетическая энергия поворотного механизма определяется формулой

$$T = \frac{1}{2} (J_1 + m_2 e_2^2) \dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} J_2 (\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2)^2 + m_2 e_2 a_2 \cos(\varphi_2) \dot{\varphi}_1 (\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2),$$

где J_1, J_2 — моменты инерции большой и малой пробок относительно их осей вращения, e_2 — расстояние между осями вращения пробок, a_2 — расстояние от оси вращения малой пробки до ее центра масс, m_2 — масса малой пробки, φ_1 — угол поворота большой пробки, φ_2 — угол поворота малой пробки относительно большой. Механизм перегрузки

управляется двумя независимыми приводами большой и малой пробок, создающими моменты сил u_1 и u_2 соответственно.

В начальный момент времени $t = 0$ захват находится в начальном положении, определяемом обобщенными координатами $\varphi_1(0) = \varphi_1^0$, $\varphi_2(0) = \varphi_2^0$ и имеет нулевые обобщенные скорости. Требуется привести его в конечный момент времени $t = T$ в заданное конечное положение, определяемое обобщенными координатами $\varphi_1(T) = \varphi_1^T$, $\varphi_2(T) = \varphi_2^T$ с нулевыми обобщенными скоростями.

2. Траектория движения захвата. При решении задачи используются импульсные управления, которые из начального положения равновесия выводят управляемую систему на специальную траекторию, соединяющую начальное и конечное положение захвата, и гасят скорости в конечном положении.

Теорема 1. *Траектория, соединяющая начальное и конечное положение захвата, определяется формулой*

$$\varphi_1 + \int_{\varphi_2^0}^{\varphi_2^T} \frac{\beta(s) - \operatorname{sgn}(\varphi_2^T - \varphi_2^0) \sqrt{\frac{2\beta(s)-1+\alpha-\beta^2(s)}{p(2\beta(s)-1+\alpha)-1}}}{2\beta(s) - 1 + \alpha} ds = \varphi_1^0,$$

в которой параметр p находится, используя заданное конечное положение. Здесь $\beta(s) = 1 + \frac{m_2 e_2 a_2}{J_2} \cos(s)$, $\alpha = \frac{J_1 + m_2 e_2^2}{J_2}$.

Используются методы классической механики для аналитического интегрирования системы нелинейных дифференциальных уравнений [4].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-01-00371-а).

Библиографические ссылки

1. Белтюков А.И., Карпенко А.И., Полуяктов С.А., Ташлыков О.Л., Титов Г.П., Тучков А.М., Шеклеин С.Е. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем. Ч. 1. Екатеринбург: УрФУ, 2013.
2. Dolgii Yu.F., Sesekin A.N., Tashlykov O.L., Tran K.T. Work optimization of nuclear fuel reloading mechanism for BN-800 reactor // AIP Conference Proceedings 2313, 070006 (2020).
3. Dolgii Yu.F., Sesekin A.N., Tashlykov O.L., Zaynullina E.Z. Optimal control of the fuel reload mechanism // IFAC Paper OnLine, 2018. P. 636–641.
4. Архангельский М.А. Аналитическая динамика твердого тела. М.: Наука, 1977.