

О. А. Перегудова, Е. В. Филаткина (Ульяновск, УлГУ).  
Синтез релейного управления механическими системами с неизвестными параметрами.

Рассматривается задача об управлении движением механической системы общего вида

$$\mathbf{H}(t, \mathbf{q})\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{F}(t, \mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) = \mathbf{u}, \quad t \geq 0, \quad (1)$$

где  $\mathbf{q} \in \mathbf{R}^n$  — вектор обобщенных координат,  $\mathbf{H}(t, \mathbf{q})$ ,  $\mathbf{F}(t, \mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})$  — матрица и вектор размерностей  $n \times n$  и  $n \times 1$  соответственно,  $\mathbf{u}$  — вектор управляющих воздействий.

Предполагается, что матрица инерции  $\mathbf{H}(t, \mathbf{q})$  положительно определенная и имеет следующее представление:  $\mathbf{H}(t, \mathbf{q}) = \hat{\mathbf{H}}(t, \mathbf{q}) + \Delta\mathbf{H}(t, \mathbf{q})$ , где  $\hat{\mathbf{H}}(t, \mathbf{q})$  — положительно определенная и известная матрица, а матрица  $\Delta\mathbf{H}(t, \mathbf{q})$  не известна. Вектор  $\mathbf{F}(t, \mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})$  имеет представление  $\mathbf{F}(t, \mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) = \hat{\mathbf{F}}(t, \mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) + \Delta\mathbf{F}(t, \mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})$ , где вектор  $\hat{\mathbf{F}}(t, \mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})$  не содержит элементов матрицы  $\Delta\mathbf{H}(t, \mathbf{q})$  и ее производных.

Уравнения (1) описывают, например, движение различных многосвязных роботов-манипуляторов, мобильных роботов с роликонесущими колесами. Актуальным является разработка таких законов управления, которые применимы для широкого класса механических систем (1) и имеют достаточно простую структуру. К таким законам управления относятся релейные. Они позволяют выводить систему на заданное многообразие движений за конечное время и обеспечивают дальнейшее движение системы вдоль заданного многообразия в скользящем режиме [1]. При этом недостатком релейных управлений является возникновение чаттера (биений) при движении системы в скользящем режиме, обусловленное несовершенством устройств управления и наличием запаздывания, что приводит к возникновению высокочастотных колебаний в системе, ухудшающих точность управления [2].

В работе, представленное данным сообщением, выведены новые алгоритмы релейного управления системой (1), позволяющие уменьшить амплитуду чаттера и, тем самым, улучшить качество управления. Использован подход, представленный в [2] и основанный на разделении управления на непрерывную и разрывную составляющие с уменьшением амплитуды последней за счет учета влияния известной части матрицы инерции и известных действующих сил. В частности, решена задача о стабилизации программного движения  $\mathbf{q}_0(t)$  системы (1) при помощи управления  $\mathbf{u} = \hat{\mathbf{F}}(t, \mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}) + \hat{\mathbf{H}}(t, \mathbf{x})\ddot{\mathbf{q}}_0(t) - \hat{\mathbf{H}}(t, \mathbf{x})\mathbf{C}\dot{\mathbf{x}} + \hat{\mathbf{H}}(t, \mathbf{x})\mathbf{K} \text{sign}[\mathbf{x} + \mathbf{C}^{-1}\dot{\mathbf{x}}]$ , где  $\mathbf{x} = \mathbf{q} - \mathbf{q}_0(t)$  есть отклонение от программного движения,  $\mathbf{C}$ ,  $\mathbf{K}$  — постоянные матрицы, подлежащие определению.

Основной отличительной особенностью полученных алгоритмов управления являются явные оценки норм неизвестных параметров системы и области начальных отклонений.

На этой основе разработаны алгоритмы управления движением колесных мобильных роботов с роликонесущими колесами для решения задач об отслеживании траекторий в условиях неизвестной матрицы инерции с учетом скольжения и запаздывающей обратной связи.

Работа выполнена при финансовой поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (2.1.1/6194) и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 гг.» (НК-408П, П/2230).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пятницкий Е. С. Синтез иерархических систем управления механическими объектами на принципе декомпозиции. I, II. — Автоматика и телемеханика, 1989, № 1, с. 87–99; № 2, с. 57–71.
2. Халил Х. К. Нелинейные системы. М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», ИКИ, 2009, 832 с.