

РЕДУКЦИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ДЛЯ ГИБКИХ ОДНОЗВЕННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ

М. С. Осинцев

*Самарский Государственный Аэрокосмический Университет им. Академика С.П.
Королева (национальный исследовательский университет),
mishaosintsev@gmail.com*

Целью работы является применение метода теории интегральных многообразий для понижения размерности задач оптимального управления гибким однозвенным манипулятором и манипулятором с гибким сочленением. Движение этих систем описывается сингулярно возмущенными дифференциальными системами вида

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x, y, t, \varepsilon), \\ \varepsilon \dot{y} &= g(x, y, t, \varepsilon).\end{aligned}\tag{1}$$

При анализе динамических моделей с сингулярными возмущениями в ряде случаев используется метод пограничных функций [1, 2-5]. Для моделей манипуляционных роботов с гибкими сочленениями или гибкими звеньями наличие сильной диссипации энергии, обеспечивающей возможность применения метода пограничных функций, не является характерным [2], поэтому некоторые авторы заменяют отсутствующее в рассматриваемой системе сильное трение соответствующим управляющим воздействием, которое призвано подавлять высокочастотные колебания [6-8]. В данной работе задачи управления и оценивания для манипуляционных роботов рассматриваются в предположении наличия слабого вязкого трения без искусственного введения сильной диссипации энергии. Рассмотрение соответствующих матричных сингулярно возмущенных уравнений Риккати вида

$$-\dot{P} = A^T P + PA + PB^T R^{-1} BP + Q\tag{3}$$

приводит к необходимости применения теории сингулярных сингулярно возмущенных систем [2,9,10], дополнительно осложненных отсутствием эффектов пограничного слоя

Важно заметить, что отыскание численного решения матричных сингулярно возмущенных дифференциальных уравнений Риккати (3) сопряжено со значительным объемом вычислительных операций ввиду наличия быстроизменяющихся переменных. Для отыскания достаточно точного численного решения такой системы необходимо производить большое количество операций в единицу времени. На практике, использование больших вычислительных мощностей в ряде случаев является нежелательным, поэтому крайне важно уменьшить объем вычислительных операций, необходимых для решения задач управления и оценивания с требуемой точностью.

Для системы (3) возможно применение метода теории интегральных многообразий. Суть метода заключается в выделении медленных движений системы, которые описывают качественное поведение системы. При этом быстрые движения, которые в большинстве случаев представляют собой либо быстро затухающие экспоненты, либо быстро осциллирующие периодические функции с медленно затухающей амплитудой, удаляются из рассмотрения. Это приводит, во-первых, к понижению размерности системы (3) до размерности медленной подсистемы, во-вторых, при построении оптимальных регуляторов исчезает необходимость получения

численного решения системы (3) с большой частотой для точной работы фильтра, так как в системе отсутствуют быстро изменяющиеся переменные.

В работе показана эффективность применения метода теории интегральных многообразий для редукции задач оптимального управления для гибких манипуляционных роботов. В задачах оптимального управления для моделей гибкого однозвенного манипулятора и манипулятора с гибким сочленением были построены интегральные многообразия медленных движений для дифференциальных систем Риккати. Построены оптимальные регуляторы меньшей размерности, а также написаны программы в математическом пакете MATLAB, позволяющие провести численное моделирование движения гибких манипуляционных роботов в условиях наличия управляющих воздействий.

В результате получены управляющие воздействия, для расчета которых необходимы гораздо меньшие объемы вычислений. При этом точностью таких управляющих воздействий сравнима с исходными управлениями. Полученные результаты могут быть применены при проектировании промышленных робототехнических систем, манипуляционных роботов для авиационной и космической техники.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 13-01-97002-р-поволжье-а.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильева А.Б., Бутузов В.Ф.* Сингулярно возмущенные уравнения в критических случаях. М.: Изд-во МГУ, 1987. – 106 с.
2. *Васильева А.Б., Бутузов В.Ф.* Асимптотические разложения решений сингулярно возмущенных уравнений. - М.: Наука, 1973, 272 с.
3. *Васильева А.Б., Бутузов В.Ф.* Асимптотические методы в теории сингулярных возмущений. –М.: Высшая школа, 1990, 208 с.
4. *Дмитриев М.Г., Курина Г.А.* Сингулярные возмущения в задачах управления // Автоматика и телемеханика, 2006, №1, с.3-51.
5. *Naidu D.S.* Singular perturbations and time scales in control theory and applications: an overview // Dynam. Continuous, Discrete and Impulsive Syst. Ser. B: Appl. & Algorithm, 2002, v.9. p.233-278.
6. *Spong M. W., Khorasani K., Kokotovic P. V.* An integral manifold approach to the feedback control of flexible joint robots // IEEE Journal of Robotics and Automation, 1987, v. 3, № 4, p. 291–300.
7. *Ghorbel F., Spong, M.W.* Integral Manifold of Singularly Perturbed Systems with Application to Rigid-link Flexible-joint Multibody System // International Journal of Non-linear Mechanics, 2000, v.35, p.133–155.
8. *Vakil M., Fotouhi R., Nikiforuk P.N.* End-effector trajectory tracking of a flexible link manipulator using integral manifold concept // International Journal of Systems Science, 2011, v.42, №12, p. 2057-2069.
9. *O'Malley R.E., Mortell M.P., Pokrovskii A., Sobolev V.A.* Singular perturbations and hysteresis. Philadelphia, - SIAM, 2005, 360 p.
10. *Воропаева Н.В., Соболев В.А.* Геометрическая декомпозиция сингулярно возмущенных систем. - М: Физматлит, 2009, 256 с.