

Секция «Математика и механика»

Метод синтеза динамических регуляторов, обеспечивающих стабилизацию систем с ограничениями на фазовые переменные

Федюков Александр Анатольевич

Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, Факультет вычислительной математики и кибернетики, Нижний Новгород, Россия

E-mail: teleginsasha@yandex.ru

Работа направлена на решение фундаментальной научной проблемы, связанной с построением для динамических систем законов управления в форме обратной связи по измеряемому выходу, с целью обеспечения заданных требований к функционированию этих систем. Предлагаемый подход к синтезу регуляторов основан на применении нового алгебраического аппарата, включающего, в частности, теорию линейных матричных неравенств и теорию выпуклой оптимизации.

В классической задаче стабилизации предполагают, что состояние динамической системы полностью известно и управление строят в виде обратной связи по состоянию. Однако у реальных физических объектов и в реальных ситуациях полная информация о состоянии системы недоступна измерению, а известна лишь часть фазовых переменных или их линейная комбинация. В связи с этим возникает нетривиальная задача стабилизации динамических объектов по измеряемому выходу. Для ее решения применяют динамические регуляторы. Динамический регулятор – это объект, который описывается системой дифференциальных уравнений заданного порядка. Существуют разные способы построения динамических регуляторов, в частности, способ с применением линейных матричных неравенств. Известно, что в случае построения регулятора полного порядка поиск параметров регулятора сводится к задаче разрешимости системы линейных матричных неравенств. Эта задача принадлежит классу задач выпуклого программирования и в настоящее время разработаны эффективные алгоритмы, которые позволяют с применением современных программ (например программ для инженерных расчетов MATLAB) получить параметры регулятора. Также известно, что в случае поиска параметров динамического регулятора по измеряемому выходу пониженного порядка решение задачи стабилизации сводится к разрешимости системы линейных матричных неравенств относительно двух неизвестных симметричных положительно определенных взаимно обратных матриц. Эта задача не принадлежит классу задач выпуклого программирования, и поэтому эта задача является сложной. Из-за ее актуальности ею продолжают заниматься до настоящего времени [1-4]. Вместе с тем известно, что ни один из предложенных к настоящему времени алгоритмов не гарантирует получение параметров динамического регулятора. Поэтому проблемой поиска решения этой задачи имеет смысл заниматься дальше. В том числе в работе [4], представленной на X Международной Четаевской конференции [5], был предложен алгоритм и решена задача стабилизации динамического объекта с помощью регуляторов по измеряемому выходу в случае отсутствия учета ограничений на фазовые переменные. Построена модель двухзвенного перевернутого маятника и решены задачи стабилизации по измеряемому выходу полного и пониженного порядков.

Отсутствие учета ограничений на фазовые переменные исходного объекта может привести к тому, что полученное решение задачи стабилизации динамического объекта физически может быть трудно реализуемо, например, из-за большого смещения точки опоры маятника. Это наводит на мысль, что должно быть наложено некоторое ограничение на фазовые переменные. За необходимость введения ограничений на фазовые переменные объекта говорит и то, что синтез линейных законов управления на основе линейной математической модели управляемого объекта может быть эффективно применен только там, где линейная модель более или менее адекватно описывает реальный объект, т.е. в ограниченной области фазового пространства.

В данной работе предложен подход синтеза на основе линейных матричных неравенств динамических регуляторов, которые обеспечивают стабилизацию систем, имеющих ограничения на фазовые переменные и функционирующих в условиях неопределенности. Сформулированы достаточные условия для существования таких регуляторов. Подход основан на применении аппарата линейных матричных неравенств. Предложен алгоритм решения задачи. Предложенный алгоритм реализуется как итерационный процесс, на каждой итерации которого с помощью стандартных команд пакета MATLAB решается задача поиска минимума линейной функции при ограничениях, задаваемых линейными матричными неравенствами. Решена задача стабилизации перевернутого маятника на тележке при отсутствии полной информации о фазовом состоянии и при наличии ограничений на фазовые переменные объекта. Получены регуляторы первого и полного порядков. Первый регулятор проще в реализации и позволяет обеспечить примерно те же ограничения на фазовые переменные объекта, что и регулятор полного порядка. Вместе с тем при его применении происходит долгий колебательный процесс с высокой частотой колебаний при установлении стационарного режима.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта 12-01-31147).

Литература

1. L. E. Ghaoui, F. Oustry, and M. AitRami, "A cone complementarity linearization algorithm for static output-feedback and related problems", IEEE Trans. Automatic Control, vol. 42, no. 8, pp 1171-1176, Aug. 1997.
2. Yong He, Qing-Guo Wang "An improved ILMI method for static output feedback control with application to multivariable PID control", IEEE Trans. Automatic Control, vol. 51, no. 10, pp 1678-1683, October. 2006.
3. Д.В.Баландин, М.М.Коган Синтез законов управления на основе линейных матричных неравенств М., Физматлит, 2007.
4. А.А.Федюков Стабилизация по измеряемому выходу двухзвенного перевернутого маятника // Вестник ННГУ, Нижний Новгород, Издательство ННГУ, 2012, No 2, С 177-183.
5. А.А.Федюков Применение линейных матричных неравенств в задачах стабилизации // Труды X Международной Четаевской конференции, Т. 3 Секция 3 Управление, Ч. 2, Казань, 12-16 июня 2012, Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012, с. 405-414.