

УДК 662.642:621.926.7

М.А.Пальмова (5 курс, каф. МиПУ), Л.М.Яковис, д.т.н., проф.

УПРАВЛЕНИЕ ИНЕРЦИОННЫМИ ОБЪЕКТАМИ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ НА УПРАВЛЯЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

При синтезе алгоритмов управления непрерывными технологическими процессами обычно возникает проблема учета ограничений на управляющие воздействия для инерционных объектов с запаздыванием. С одной стороны, это связано с особенностями этих процессов как объектов управления, заключающимися в узком диапазоне допустимых значений переменных. С другой стороны, проблема усугубляется характерной для таких процессов значительной инерционностью, преодоление которой требует больших по величине управляющих воздействий [1].

Что касается известных подходов к управлению инерционными объектами с запаздыванием, то здесь можно выделить две основные группы методов. К первой группе относится использование так называемых типовых законов регулирования, среди которых наибольшее распространение в системах управления получил ПИ-регулятор [2]. Он сочетает быструю реакцию на текущие отклонения выходной переменной от задания (П-пропорциональная составляющая) с “более взвешенной” реакцией на усредненные во времени отклонения (И-интегральная составляющая). Главное достоинство типовых регуляторов состоит в простоте их технической реализации. Это преимущество, однако, теряет силу по мере все большего распространения компьютерных технологий, когда алгоритмы управления реализуются не схемным, а программным путем. Основной недостаток заключается в отсутствии явного учета запаздывания в объекте управления.

Вторая группа методов базируется на результатах современной теории управления. Эти методы основываются на идее оптимизации динамического оператора, определяющего алгоритм управления с обратной связью. Положительной особенностью данной группы методов является возможность учета случайного характера возмущающих воздействий и измерительных помех. В стохастическом варианте речь идет о минимизации среднеквадратических отклонений выходных переменных от заданных значений в условиях действия нормальных случайных возмущающих воздействий на линейный динамический объект [3]. Специфика запаздывания проявляется в присутствии операторов статистически оптимального прогноза случайных сигналов на время запаздывания между входом и выходом управляемого объекта [4].

Заметим, что несмотря на очевидную практическую значимость, проблема учета допусков на управляющие воздействия не нашла адекватного решения в известных методиках настройки типовых регуляторов не только в многомерном, но и в одномерном случаях. На практике широко используется прием “замораживания” управляющих воздействий на границах допусков в случае, если выход линейного типового регулятора “залезает” за допустимые границы. Подобная процедура эквивалентна переходу от линейного к нелинейному закону регулирования, настройка параметров которого расчетным путем представляет собой сложную и не решенную в настоящее время задачу. В простых вариантах оптимальные настройки могут приближенно определяться на основе метода гармонической или статистической линеаризации [1, 5], но в более сложных реальных ситуациях такой подход вряд ли даст положительные результаты.

Что касается методов оптимизации по среднеквадратическому критерию, то здесь сформировался единый подход к учету ограничений на интенсивность управляющих

воздействий. Он заключается в формировании взвешенной суммы основного критерия и подобного ему среднеквадратического критерия, “штрафующего” за увеличение интенсивности управлений. Для выбора значения весового коэффициента в сводном критерии, обеспечивающего попадание дисперсии управления на границу допуска, необходимо численно решать соответствующее нелинейное алгебраическое уравнение [1]. Решение подобной задачи в многомерном варианте, когда определению подлежат элементы матрицы весовых коэффициентов, отсутствует.

В этих условиях для анализа и синтеза систем управления инерционными объектами с запаздыванием наиболее рационально применить компьютерные методы имитационного моделирования управляемых процессов, получившие в последние годы широкое развитие. Применительно к задачам со случайными воздействиями речь идет о статистическом имитационном моделировании на ПЭВМ, использующем в качестве источников возмущений датчики случайных чисел. В качестве программной базы такого компьютерного моделирования был выбран наиболее применяемый для этих целей пакет прикладных программ MATLAB, и в частности, входящий в него составной частью пакет программ моделирования SIMULINK [6]. Главное преимущество имитационного подхода по сравнению с аналитическими методами состоит в возможности максимального приближения моделируемых систем к реальным. Речь, в частности, идет о широких возможностях исследования чувствительности систем управления к неточности в определении структуры и параметров модели объекта и возмущений или (и) к неточности реализации расчетных управляющих воздействий из-за нелинейности характеристик исполнительных механизмов.

В данной работе рассмотрена задача стабилизации одномерного инерционного объекта, модель которого задается последовательным соединением инерционного звена первого порядка со звеном “чистого” запаздывания. Объект функционирует в условиях случайных возмущений, отклоняющих выходную переменную от заданного нулевого значения. Формирующий фильтр возмущений задается инерционным звеном первого порядка, что соответствует модели марковского случайного процесса.

Разработана структура программного комплекса для имитационного моделирования, статистического анализа и параметрической оптимизации по среднеквадратическому критерию замкнутых систем регулирования, включающая, в частности, блок генерации случайных возмущений. Средствами системы SIMULINK разработаны две модификации программного комплекса, первая из которых предназначена для моделирования систем с ПИ-регуляторами, включающими блок ограничений управляющих воздействий, а вторая - с регуляторами, минимизирующими обобщенную дисперсию выходной переменной (то есть взвешенную сумму дисперсий выходной переменной и управляющих воздействий [3]).

Выполнен ряд примеров, демонстрирующих возможности разработанных программных комплексов в области анализа, параметрической оптимизации и графического представления результатов моделирования систем управления. Разработанная программная система позволяет оптимизировать структуру и настройки регулятора по данным о характеристиках управляемого объекта (включая ограничения на управляющие воздействия) и параметрах динамической модели случайных возмущений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления. М.: Наука, 1986.
2. Гурецкий Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием. М.: Машиностроение, 1974.
3. Изерман Р. Цифровые системы управления. М.: Мир, 1984.
4. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. М.: Мир, 1974.
5. Первозванский А.А. Случайные процессы в нелинейных автоматических системах. М.: Физматгиз, 1962.

6. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB5 и Scilab. СПб.: Наука, 2001.