

УДК 681.322

А.В. Киричков (асп., каф. АиВТ), А.Г. Леонтьев, к.т.н., доц.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ МЕХАТРОННЫХ УСТРОЙСТВ С ТЕРМИНАЛЬНЫМ НЕЧЁТКИМ УПРАВЛЕНИЕМ

В системах автоматического управления зачастую требуется, чтобы скорость и координата некоторого параметра одновременно приняли бы заданные значения. В какой момент времени это произойдет, иногда не столь важно, поэтому для реализации такой САУ вполне подойдут законы управления, в которые не входит время выполнения поставленной задачи. Иными словами, время может быть неуправляемым параметром.

Таким образом, задача управления может быть сформулирована как задача терминального управления конечным состоянием системы, которую нужно перевести из начальной точки фазового пространства в конечную точку.

В мехатронных системах сложность управления заключается в неполной управляемости объекта и его плохой наблюдаемости. В таких случаях удобно строить систему управления (СУ), которая будет оперировать не конкретными значениями состояний объекта, а некоторыми нечёткими определениями о характере текущего его поведения. Такой методикой построения СУ, где возможно оперирование нечёткими понятиями о состоянии и цели управления является теория нечёткой логики. Характерной её особенностью является то, что в ней оперируют главным образом понятиями нечёткой переменной и правилами нечёткого вывода. Когда требуется снабдить СУ некоторым поведением, которое трудно формализовать, эта методика становится просто незаменимой. Кроме этого при построении правил описывающих функциональность СУ нет необходимости иметь детальную модель объекта управления. СУ, построенные на такой методике, обладают свойством робастности по отношению к флуктуациям параметров системы и внешним воздействиям.

С другой стороны построить СУ на базе аппарата нечёткой логики чрезвычайно сложно, поскольку необходимо учитывать всё разнообразие возможного поведения мехатронного объекта. В таких условиях решение задачи управления становится громоздким и нерациональным, в связи с чем необходимо выдвигание дополнительных требований к процессу управления. В частности, таким требованием может быть определение некоторых характеристик ("манеры") движения, что упростит задачу построения базы знаний об объекте и позволит сформировать простые и лаконичные правила для нечёткой системы управления. Можно сформулировать несколько таких манер, например, "плавное движение", "хлесткое движение", и так далее. Наиболее простую формализацию допускает "плавное движение" (равномерное) - его можно расценивать как движение при изменении управляющего воздействия с постоянным ускорением.

Кроме этого, для возможности управления плохо наблюдаемым объектом в системе управления может быть реализована модель объекта. Учитывая то, что СУ может быть построена на основе аппарата нечёткой логики, а так же, как правило, математическую сложность реализации модели мехатронного устройства, удобно формировать нечёткую модель управления. При этом реализовать модель в виде одного "чёрного ящика" с набором правил и переменных аппарата нечёткой логики представляется крайне сложным. На практике, имея некоторое представление о моделируемом объекте, его делят на функциональные узлы, которые просты и легко описываемы в терминах нечёткой логики. В процессе исследований была разработана среда проектирования, позволяющая путём экспериментирования с математической моделью системы получать нечёткую динамическую модель.

Были произведены исследования в построении СУ для одного из типичных представи-

телей мехатронных устройств. Речь идёт о двухзвенном маятнике с гибкой связью между звеньями. Для объекта данного класса характерным является сильно выраженное собственное движение, обусловленное слабой управляемостью, а также плохой наблюдаемостью. Поэтому в исследованиях применялась методика нечёткого описания СУ в виде свода правил оперирующих нечёткими определениями о состоянии объекта. Данные правила могут быть сформированы при изучении движения объекта управления. Таким образом, снабжая СУ знаниями о движении объекта при различных воздействиях можно сформировать нечёткие правила, которые позволили бы достичь цели управления полагаясь на знания о собственном движении объекта управления.

Для получения этих правил требуется изучить поведение объекта при всевозможных воздействиях. Так, был исследован двухзвенный маятник с гибкой связью между звеньями. При этом ставилась задача терминального управления, то есть перевода координат маятника из одной точки фазового пространства в другую. Даже не видя конструкции данного объекта легко можно представить, сколько может быть свободным его движение при попытке изменения координат его движения. Поэтому первое, что было сделано - это исследовано его движение при всевозможных воздействиях. При этом все траектории движений параметров объекта и воздействий в экспериментах собирались в статистику. Далее на основе этой статистики следовало сформулировать собственно правила связывающие параметры движения объекта и воздействия на него.

Для обработки статистики использовались методы кластерного анализа (метод ветвления, метод FCM). Этот подход позволяет выделить из некоторой статистики характерные скопления (кластеры или классы). Далее можно использовать сформированное понятие кластера для определения нечётких значений интересующих параметров в СУ. Кроме этого в результате выделения кластеров можно охарактеризовать правила взаимоотношения между ними, то есть сформулировать правила. Таким образом, сформированная база знаний должна была передаваться аппарату нечёткой логики организованному на контроллере исполнительного механизма.

Более универсальной, на наш взгляд, является структура СУ, использующая нечёткую динамическую модель объекта управления. Исследовался вариант синтеза структурированной нечёткой или смешанной модели для выше указанного мехатронного объекта. Здесь члены дифференциальных уравнений, описывающих математическую модель объекта, были представлены в виде линейной совокупности нечётких и аналитических функций. При этом нечёткие функции применяются при сложных зависимостях, а аналитические функции - при простых. Это даёт возможность упростить алгоритм вычисления членов дифференциальных уравнений и выполнять его в реальном времени на стандартном контроллере.

Таким образом, в проделанной работе были рассмотрены две схемы - система управления с нечётким задатчиком и система управления с динамической моделью. Первая, безусловно, более проста в функциональном плане. Для системы с нечётким задатчиком существует одно серьёзное ограничение: закон, по которому в них совершается движение, постоянен и его изменение это всегда трудная технологическая задача. Достоинством же можно назвать отсутствие требования точного представления модели объекта управления и, следовательно, робастность СУ к флуктуации параметров объекта.

Другой тип системы управления с динамической моделью, как показали эксперименты, отличается особо точным результатом управления. Но наряду с этим необходимо отметить и недостаток для СУ функционирующих на базе модели объекта управления – это сильная её зависимость от точности описания модели и стабильности параметров объекта управления.