

# СИНТЕЗ НЕЧЕТКОГО ЭКСТРЕМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА

Н.Р.Юсупбеков, Т.З.Закиров, Х.Э.Камбаров

Узбекистан, Ташкент

В работе рассмотрены существующие системы экстремального регулирования — такие как: автоколебательная система; система с запоминанием экстремума; система с принудительной коммутацией; система с модулирующим воздействием; шаговая система и дифференциальные системы. Им присущ ряд недостатков, например, неудовлетворительная работа на инерционных ТОО. Кроме того они не позволяют смещать рабочую точку объекта на заданное расстояние от экстремума. Предлагается, используя в качестве прототипа автоколебательный регулятор, построить его блок расчёта величины шага через нечёткое отношение. Причём, величина шага определяется в зависимости от цели управления, по различным стратегиям поиска экстремума, задаваемого графически.

Компенсировать некоторое уменьшение концентрации ацетилена предлагается улучшением классической системы регулирования температуры подогреваемых газов — кислорода и метана, служащих сырьём для полу-чаемого газа пиролиза. Обеспечение максимально достижимых температур (700°C) сталкивается с проблемой возможной остановки реактора из-за преждевременного амовоспламенения смеси. В связи с этим определяющим является качество переходного процесса. Из-за возможных возмущений, температуру подогрева приходится поддерживать на более низком значении, что приводит к уменьшению выхода ацетилена. Кроме того, даже при остановке по срабатыванию противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ), несколько минут на свечу сбрасывается и сжигается несколько сотен кубометров природного газа и кислорода (и это только по одному реактору), что неблагоприятно сказывается на экологии прилегающей территории. Использование регулятора с переменными настроечными коэффициентами, позволяющего «быстро» реагировать на перегрев и «медленно» на недогрев, приведёт повышению экономической эффективности от использования сырья в связи с уменьшением потерь от аварийных остановок агрегата.

Сложность технологического процесса пиролиза и применение качественной информации, позволяет применить для синтеза системы управления аппарат нечёткой логики. Предлагается альтернативный вариант методики синтеза и настройки нечётких регуляторов как для управления температурой подогревателя, так и для экстремального управления реактором пиролиза. Участие экспертов-технологов предполагается лишь на стадии формирования или выбора стратегии управления объектом. При этом для более качественного её описания предлагается выражать стратегию управления в виде поверхности управления. Параметры же регулятора настраиваются автоматически по графически выраженной стратегии управления.

Помимо обеспечения автоматического поддержания соотношения природного газа и кислорода так, чтобы концентрация основного продукта — ацетилена была максимальной, этот регулятор должен позволять смещать рабочую точку объекта на некоторое расстояние от экстремума, чтобы обеспечить уменьшение количества тонушей сажи.

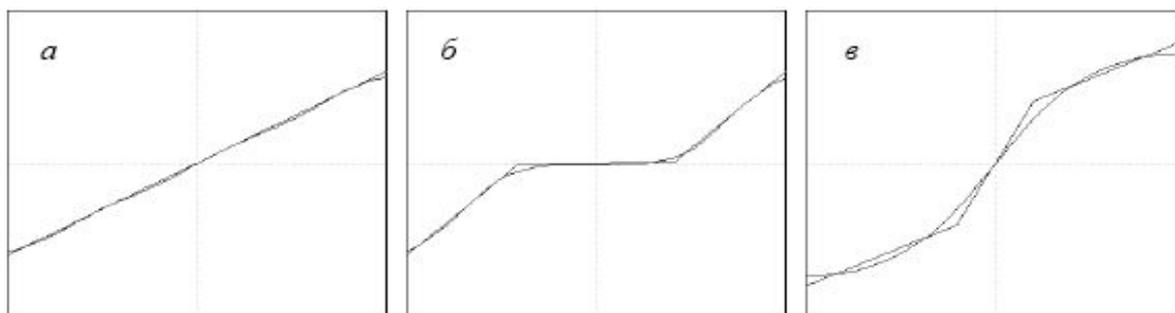


Рис.1. Виды стратегий управления, выраженных графически

Кроме того, он должен работать на объекте, обладающем существенной инерционностью. Исследования показали, что всем этим требованиям в достаточно полной мере отвечает нечёткий экстремальный регулятор. В качестве прототипа выбран автоколебательный экстремальный регулятор. Входом регулятора является величина производной концентрации ацетилена по величине управляющего воздействия. Величина последнего рассчитывается через нечёткое отношение. Формирование его базы знаний, которая, в общем случае, определяет стратегию управления, для случая одного входа/одного выхода удобно представлять в виде линии управления. Например линия на рис.1а, определяет стратегию управления с постоянной скоростью поиска экстремума, на рис.1б — с уменьшением скорости поиска по мере приближения к экстремуму, а на рис.1в — с увеличением скорости поиска вблизи точки экстремума. В этом заключается новый подход к синтезу нечёткого регулятора. Задав стратегию управления в виде линии управления, а также диапазоны изменения регулируемой переменной и управляющего воздействия, определяются такие значения параметров функций принадлежности, чтобы функциональная зависимость, которая реализуется нечётким регулятором соответствовала этой линии. Данную процедуру поиска параметров можно выполнить, например, при помощи гибридных нейронных сетей или метода 12-ти мерной оптимизации Гаусса-Зейделя. В последнем случае в качестве критерия оптимизации используется минимум площади, заключённой между реальной и «целевой» линиями управления. Созданная в среде Delphi на языке Pascal программа 12-ти мерной оптимизации («12») предназначена для определения параметров функций принадлежности по заданной линии управления. В связи с использованием графического представления стратегии управления была поставлена задача создания нечёткого регулятора с максимально простой структурой, который обеспечит необходимый вид зависимости выхода от входа — линии управления. Исследовав влияние алгоритма нечёткого логического вывода, вида и расположения термов на осях лингвистических переменных, количества термов на входе и выходе регулятора, методов дефазификации и композиции, а также базы правил, был получен наиболее простой по структуре нечёткий регулятор, использующий:

- алгоритм Мамдани;
- функции принадлежности на входе и выходе;
- эти функции заданы кривыми Гаусса;
- композиция MaxMin;
- база правил «Если  $x$  есть  $A_i$ , то  $y$  есть  $B_i$ »;
- дефазификация методом «центра тяжести».

Показано, что регулятор с такой структурой может обеспечить получение линии управления простого вида из ряда «гладких» кривых с несколькими точками перегиба. Были проведены исследования влияния формы линии управления нечёткого экстремального регулятора на модели объекта, статическая характеристика которого нестационарна. В качестве стратегий управления были выбраны «платообразная», линейная и S-образная линии. Результаты моделирования показали, что наилучшее

качество, определяемое минимальным временем поиска экстремума и минимальной статической ошибкой обладает стратегия имеющая область «плато». Показано, что изменение угла наклона центральной части линии управления, близкой к области экстремума, определяет скорость нахождения экстремума. При этом слишком малый выбранный угол уменьшает статическую ошибку, однако, приводит к увеличению времени поиска экстремума, а так же к преждевременной остановке поиска, если изменение управляющего воздействия пренебрежимо мало.

Реализация смещения рабочей точки объекта, за счёт которого обеспечивается получение заданной дисперсности сажи в газах пиролиза, также задаётся через линию управления.

Исследования показали, что более простой способ — это изменение параметра «математическое ожидание» центральной функции принадлежности выхода нечёткого экстремального регулятора.

Используя в качестве настроечного, этот параметр позволяет сместить рабочую точку в любую (задаваемую) сторону от экстремума. Большинство экстремальных регуляторов неудовлетворительно работают на объектах с существенной инерционностью.

Предложен алгоритм работы нечёткого экстремального регулятора, учитывающие инерционность. После очередного управляющего воздействия включается задержка времени, которая определяется по вхождению модуля производной регулируемой переменной по времени в задаваемую в качестве настроечного параметра трубку допуска