

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СЕРНИСТОГО АНГИДРИДА

*Рассматривается технологический процесс производства сернистого ангидрида и методы синтеза адаптивных регуляторов при изменяющихся характеристиках объекта управления.*

**Введение.** На основании анализа технологического процесса получения сернистого ангидрида в схеме производства серной кислоты методом мокрого катализа с точки зрения теории автоматического управления выявлено, что исследуемый процесс является многомерным и нелинейным объектом управления [1]. Рассматриваемый процесс имеет структурное деление на три технологических участка (ТУ), для каждого из которых выделяются следующие задачи управления:

1. ТУ печь-котел – обеспечение режима горения в соответствии с технологическим регламентом, заключающийся в поддержании заданной температуры продуктов горения, обеспечение неполного дожигания газообразных продуктов, отвод тепла из топки, поддержании заданных значений температуры на выходе из топки.

2. ТУ камера дожигания – поддержание режима горения в соответствии с технологическим регламентом, заключающееся в поддержании заданных температуры продуктов горения.

3. ТУ камера смешения - обеспечение температуры газообразной смеси в соответствии с технологическим регламентом.

На параметры процесса накладываются ограничения технологического регламента, от качества переходных процессов зависит выполнение этих требований и режимов работы аппаратов.

Разработку систем регулирования начинают с проектирования одноконтурных систем отдельными параметрами потому, что они наиболее просты в настройке и надежны в работе. Однако при неблагоприятных динамических характеристиках каналов управления и измерения, а так же действия внешних возмущений, качество переходных процессов может значительно ухудшиться, поэтому применяются многоконтурные системы регулирования [2].

Анализ существующих алгоритмов управления объектами данного класса показал, что на производстве получили широкое распространение ПИД – регуляторы и различные их модификации [2,3,6]. Это обусловлено в первую очередь простотой построения и промышленного использования, ясностью функционирования и низкой стоимостью. Однако задача настройки регулирующих устройств в реальных системах управления остается нетривиальной задачей. Основные причины для изменения настроек в процессе эксплуатации возникают из-за влияния соседних контуров в многомерных системах, изменения свойств перерабатываемого сырья и энергоносителей. Существенное влияние на настройку регулятора оказывают динамические характеристики исполнительных механизмов и изменяющиеся параметры объекта управления.

**Постановка задачи.** Рассмотреть существующие методы синтеза адаптивных регуляторов, проанализировать возможность их использования в промышленных системах регулирования для объекта рассматриваемого класса.

**Методы построения адаптивных регуляторов.** Алгоритм работы большинства известных ПИД – регуляторов с автоматической настройкой состоит из этапов:

- 1) параметрическая идентификация объекта управления или использование табличной модели переходной характеристики;
- 2) расчет коэффициентов регулятора;
- 3) перенастройка коэффициентов регулятор.

Для адаптации коэффициентов регуляторов в режиме реального времени используются различные алгоритмы настройки, такие как нейронные сети, генетические алгоритмы, нечеткая логика и др. В качестве критерия оптимизации переходных процессов наиболее распространены различные интегральные оценки качества.

Особенностью многих методов автоматической настройки является то, что адаптация выполняется с использованием активных методов воздействия на объект, т.е. с размыканием

системы (выключением регулятора), изменением алгоритма управления или дополнительных тестовых возмущений [3]. Однако многие технологические процессы, в том числе и рассматриваемый процесс получения сернистого ангидрида, не допускают дополнительные активные воздействия на системы регулирования. Эти сложности приводят к тому, что далеко не все теоретические алгоритмы оказываются применимыми на практике. К такому классу относится метод Циглера-Никольса, получивший широкое распространение в промышленных контроллерах. Данный метод предполагает вывод объекта в режим автоколебаний, за счет перехода на П – закон управления, что накладывает существенные ограничения на его использование.

Для автоматизации поиска и настройки коэффициентов регулятора нелинейными динамическими объектами, обеспечивающими желаемое качество переходных процессов, широко используется пакет Simulink Design Optimization входящий в состав MATLAB. В качестве средства для достижения указанной цели используется оптимизационный подход поиска значений настраиваемых параметров в законе управления с минимизацией функции штрафа за нарушение динамических ограничений [4,5]. Необходимо так же отметить, что в процессе настройки можно учитывать параметрическую неопределенность математической модели, т.е. синтезировать робастные законы управления. Их важность обусловлена, прежде всего, тем, что практически в любой инженерной задаче конструирования системы управления присутствует неопределенность (или ошибка) в модели объекта и в знании класса входных возмущений.

В настоящее время приобретает популярность нечеткое управление и нейронные сети, основанные на использовании не столько аналитических или теоретических моделей, сколько на опыте управления им. Широко применяются в нелинейных системах, идентификация которых сложна, а также в случаях в случаях недетерминированности параметров объектов [6]. Нечеткая логика и нейронные сети используются в ПИД – регуляторах преимущественно двумя путями: для построения самого регулятора и для организации подстройки коэффициентов регулятора. В тех случаях, когда известна точная математическая модель объекта управления, традиционный регулятор всегда будет давать лучше качество переходных процессов по сравнению с нечетким или нейросетевым потому, что при синтезе таких регуляторов использовались приближенные данные об объекте. Основным недостатком нечетких и нейросетевых регуляторов является сложность составления баз правил и обучения нейронной сети.

**Выводы.** Исходя из анализа существующих методов построения адаптивных регуляторов, можно сформулировать важные требования для адаптора в промышленной эксплуатации:

- 1) проведение адаптации без дополнительных воздействий на работу системы управления;
- 2) перенастройку коэффициентов регулятора проводить только в случае неудовлетворения качества переходных процессов технологическим требованиям;
- 3) работа адаптора должна выполняться в автоматическом режиме, не требуя вмешательства эксплуатационного персонала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ткаченко В.Н. Разработка и исследование математической модели технологического процесса производства серной кислоты / В.Н. Ткаченко, Н.Н. Чернышев // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. обчислювальна техніка та автоматизація. – Донецьк: ДонНТУ. – 2009. – Вип. 16 (148). – С. 22-29.
2. Автоматическое управление в химической промышленности: Учебник для вузов. Под ред. Е.Г. Дудникова. – М.: Химия, 1987. – 368 с.
3. Штейнберг Ш.Е. Адаптация стандартных регуляторов к условиям эксплуатации в промышленных системах регулирования / Ш.Е. Штейнберг, И.Е. Залуцкий // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2003. – №4. – С. 11-14.3.
4. Веремей Е.И. Применение пакета NCD для решения задач модальной параметрической оптимизации / Е.И. Веремей, М.В. Коровкин // Труды II научной конференции «Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB». – Москва: ИПУ РАН, 2004. – С. 884-896.
5. Веремей Е.И. Реализация оптимизационного подхода к проектированию систем управления в среде MATLAB / Е.И. Веремей // Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB: материалы V Международной научной конференции (г. Харьков, 11 – 13 мая 2011г.) / сост. В.В. Замаруев. – Харьков: «БЭТ», 2011. – С. 19-39.
6. Денисенко В.В. ПИД – регуляторы: принципы построения и модификации. Часть 2 // СТА. – 2007. – №1. – С. 78-88.