

АДАПТАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕАКТОРА СИНТЕЗА МЕТАНОЛА

У роботі запропонований механізм адаптації математичної моделі колони синтезу метанола на основі комбінованого моделювання. Детермінований підхід дозволив провести структурну ідентифікацію й визначити вид математичної моделі колони синтезу метанола у виробництві метанола: рівняння четвертого порядку по концентрації цільового компонента. Ця модель ухвалюється в якості початкової для системи керування колоною синтезу метанола у виробництві метанола

Ключові слова: адаптація, математична модель, колона синтезу метанола, оптимальні параметри процесу

В работе предложен механизм адаптации математической модели колонны синтеза метанола на основе комбинированного моделирования. Детерминированный подход позволил провести структурную идентификацию и определить вид математической модели колонны синтеза метанола в производстве метанола: уравнение четвертого порядка по концентрации целевого компонента. Эта модель принимается в качестве исходной для системы управления колонной синтеза метанола в производстве метанола

Ключевые слова: адаптация, математическая модель, колонна синтеза метанола, оптимальные параметры процесса

Д. Абдалхамид

Аспирант*

E-mail: atp01@ukr.net

М. Г. Лория

Кандидат технических наук, доцент*

E-mail: atp02@ukr.net

*Кафедра электронных аппаратов**

А. Б. Целищев

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра компьютерно - интегрированных систем управления**

E-mail: atp00@ukr.net

П. И. Елисеев

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра оборудования химических производств**

E-mail: petr.eliseev@list.ru

И. И. Захаров

Доктор технических наук, профессор

Кафедра технологии неорганических веществ**

E-mail: zvonu@rumbler.ru

**Технологический институт

Восточнoукраинский национальный университет

им. В. Даля

пр. Советский, 59, а, г. Северодонецк, Украина, 93400

1. Введение

Современное производство метанола – это сложный технологический объект, который характеризуется большим количеством аппаратов, сложностью условий протекания химических реакций и процессов [1, 2]. Управлять таким производством без использования современного программно-технического комплекса (ПТК) и при этом обеспечить оптимальные параметры процесса, при которых себестоимость производимой продукции была бы минимальной, практически невозможно. Разработка модели для реализации такой системы – комплексная и сложная задача, как правило, требующая нестандартных подходов.

Основным критерием при этом является адекватность математической модели [3, 4]. Сложность заключается в том, что разрабатываемая модель должна быть достаточно простой, а ее точность достаточной для целей управления. То есть при решении задачи синтеза математической модели необходимо найти

компромисс между сложностью модели и её точностью.

2. Анализ исследований и публикаций

Наиболее распространенными являются два подхода к созданию математических моделей сложных объектов. Первый – это создание детерминированных математических моделей [5 – 9]. Такие модели базируются на материальных и энергетических балансах и в явном виде учитывают сложность взаимных связей объекта управления. Это позволяет моделировать и анализировать работу объекта даже в тех режимах, в которых объект не способен функционировать (предельные и аварийные режимы). Моделировать и анализировать работу объектов, которые еще «существуют только на бумаге». Модели, полученные таким способом, могут быть достаточно точными, но при этом они очень сложные. Поэтому использование таких моделей для решения

дальнейших задач оптимизации проблематично. На практике приходится уменьшать степени переменных в разработанной модели и вводить некоторые ограничения и приближение. Вследствие этого точность модели уменьшается. Второй – это разработка экспериментально-статистических моделей [8]. Для создания таких моделей необходимо иметь возможность тщательного исследования объекта управления, также необходимо набрать достаточно большое количество экспериментального материала. Для сложных объектов управления бывает затруднительно определить количество влияющих факторов и их взаимное влияние. Не всегда возможно использовать активный эксперимент на работающем оборудовании непрерывных и крупнотоннажных производств. В этих случаях применяются методы, использующие субъективную вероятность и нечеткое оценивание [9, 11 – 13]. Такая модель имеет достаточно простой вид. Ее удобно использовать при решении задач оптимизации. В работе [10] предложено использовать систему управления с комбинированной моделью для управления многополочным газовым реактором (например, синтеза метанола). Разрабатываемая модель реактора предназначается как для анализа и исследования особенностей технологического процесса, так и для управления этим процессом. Эта работа подразумевает исследование процесса во всем диапазоне параметров состояний, в том числе и далеко за границами технологического регламента. В такой постановке неприменимы формальные модели, построенные на основе экспериментальных данных и не учитывающие фундаментальных законов, поскольку их адекватность ограничивается областью измеренных значений, т.е. регламентными границами.

3. Формирование целей и задач

При функционировании предложенной системы управления в системе будут формироваться два значения концентрации целевого компонента: измеренное и рассчитанное. В случае, когда их расхождение превышает установленную величину, то есть модель перестает быть адекватной, необходима адаптация модели.

Цель работы – разработка алгоритма адаптации модели сложного объекта на примере колонны синтеза метанола.

4. Разработка модели и алгоритма функционирования системы управления

Математическая модель многополочного газового реактора синтеза метанола разрабатывается на основе уравнений материального и теплового балансов. Полученные уравнения статики по концентрации метанола для каждой полки совместно с математической моделью встроенного рекуперативного теплообменника образуют систему уравнений, решение которой и является математической моделью газового реактора. В работе [10] приведена математическая модель газового многополочного реактора, которая имеет вид:

$$a_4 Q_3^4 + a_3 Q_3^3 + a_2 Q_3^2 + a_1 Q_3 + a_0 = \phi_1(F_{x61}) + \phi_2(F_{x62}) + \phi_3(F_{x63}) + \phi_{12}(F_{x61}, F_{x62}) + \phi_{13}(F_{x61}, F_{x63}) + \phi_{23}(F_{x62}, F_{x63}) + \phi_{123}(F_{x61}, F_{x62}, F_{x63}) + \Omega(T_{цр}, T_{цр}, Q_0, P), \quad (1)$$

где a_4, a_3, a_2, a_1, a_0 - коэффициенты модели;

Q - концентрация целевого компонента на выходе реактора;

$F_{x6}, F_{x61}, F_{x62}, F_{x63}$ - расходы синтез-газа по всем входным потокам реактора (основной ход и «холодные» байпасы);

$T_{цр}, Q_0, P$ - температура, концентрация целевого компонента и давление циркуляционного газа;

$\Omega(F_{цр}, T_{цр}, Q_0, P)$ - функционал влияния возмущающих параметров;

$\phi_1, \phi_2, \phi_3, \phi_{12}, \phi_{13}, \phi_{23}, \phi_{123}$ - функции, которые учитывают влияние изменения расходов на изменение концентрации.

Детерминированный подход позволил провести структурную идентификацию и определить вид математической модели колонны синтеза метанола в производстве метанола. В качестве модели принимается уравнение четвертого порядка по концентрации целевого компонента. Эта модель является исходной для системы управления с моделью колонной синтеза метанола в производстве метанола.

Модель достаточно проста: в уравнении четвертого порядка неизвестная величина всегда может быть выражена через коэффициенты уравнения. То есть, при адаптации модели функциональный вид зависимостей изменяться не будет, а будут изменяться только коэффициенты модели.

Во время работы реактора параметры процесса изменяются под влиянием неконтролируемых возмущающих воздействий, которые не входят в модель. К таким параметрам можно отнести: концентрацию газ-инертов в синтез-газе, состояние (пробег) катализатора и т.д. Эти изменения приводят к тому, что измеренное значение концентрации целевого компонента и рассчитанное по модели будут отличаться на величину большую, чем установлено. То есть, возникает необходимость корректировки коэффициентов левой части математической модели объекта управления: a_4, a_3, a_2, a_1, a_0 . В работе предложено эту задачу решать с использованием рекуррентного метода наименьших квадратов [9, 11 – 12].

Вследствие корректировки коэффициентов левой части модели нарушается равенство между правой и левой частями модели.

Поэтому следующим этапом процесса адаптации является корректировка коэффициентов правой части модели.

После корректировки коэффициентов при концентрации целевого компонента, детерминированная математическая модель перестает быть детерминированной и становится экспериментально-статистической.

Полученная таким образом математическая модель колонны синтеза используется в алгоритме управления для решения оптимизационной задачи.

Блок-схема алгоритма работы системы управления приведена на рис. 1.

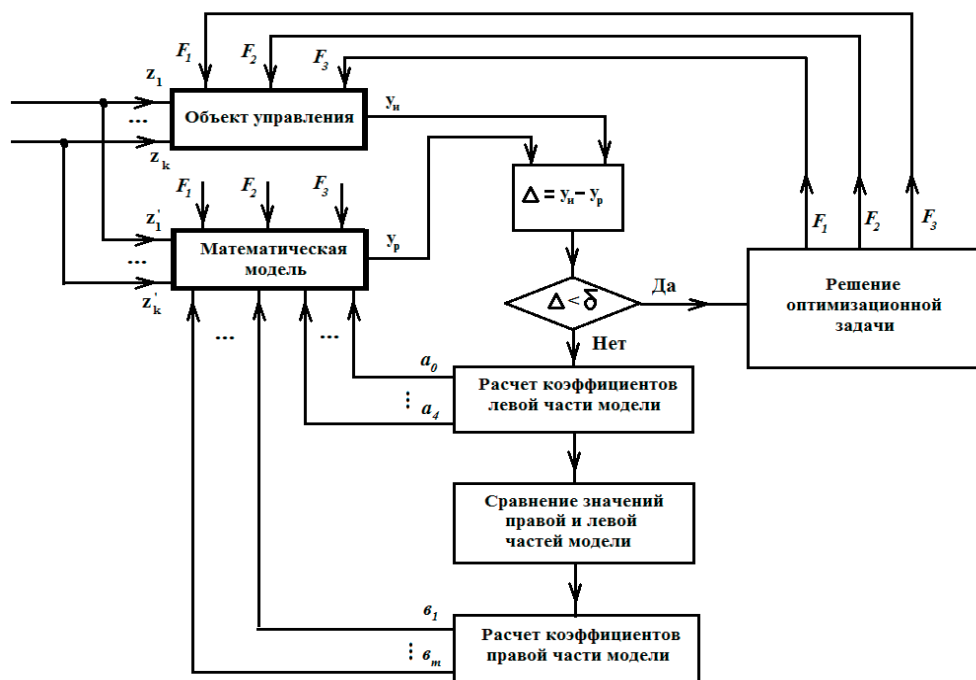


Рис. 1. Блок-схема алгоритма функционирования системы управления

Основным параметром процесса, который влияет на режим работы колонны, является расход синтез-газа (нагрузка на агрегат).

При изменении нагрузки колонна синтеза перейдет в новое установившееся положение. При этом модель будет нуждаться в адаптации по ранее приведенному алгоритму.

Основным параметром процесса, который влияет на режим работы колонны, является расход синтез-газа (нагрузка на агрегат). При изменении нагрузки колонна синтеза перейдет в новое установившееся положение. При этом модель будет нуждаться в адаптации по ранее приведенному алгоритму.

Разработанная модель и алгоритм функционирования системы реализованы программно и всесторонне исследованы с помощью SCADA - системы TRACE MODE 6. По результатам исследования были сформулированы технические предложения [10] и исходные данные для проектирования. Внедрение планируется в производстве метанола M-100 на ЧАО «Северодонецкое объединение «Азот».

5. Выводы

Таким образом, в работе предложен механизм адаптации математической модели

колонны синтеза метанола на основе комбинированного моделирования. Для построения системы управления с моделью в дальнейшем необходимо решить следующие задачи: разработка динамической модели для оценки инерционности объекта управления и решение оптимизационной задачи.

Литература

1. Амелин, А. Г. Общая химическая технология [Текст] / А. Г. Амелин, А.М.Кутепов – М.: Химия, 1977. – 324 с.
2. Стенцель, Й. І. Автоматизация технологических процессов химических производств: Підручник [Текст] / Й. І. Стенцель, О. В. Поркунян - Луганськ: вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2010. – 300 с.
3. Целищев, О. Б. Математичне моделювання технологічних об'єктів [Текст] : Підручник / О. Б. Целищев, П. Й. Єлісеєв, М. Г. Лорія, І. І. Захаров – Луганськ. Вид-во Східноукр. нац. унів. ім. В. Даля, 2011. – 421 с.
4. Кафаров, В. В. Принципы математического моделирования химико-технологических систем [Текст] / В. В. Кафаров, В. Л. Перов, В.П.Мешалкин и др.– М.: Химия, 1974. - 344 с.
5. Банди, Б. Методы оптимизации. Вводный курс [Текст] / Б. Банди. Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1988. – 128с.
6. Второй фронт ХТС. The Chemical Journal, Сентябрь 2002, с.50-54.
7. Spatial Self-Organization in One Process of Chemical Technology [Text]: International Conference on Differential Equations and Dynamical Systems., 1-4 August 1997. Canada. Watérloo : 1997. - P. 166.
8. Thermal Spots in an Industrial Packed Bed Catalytic Reactor [Text] : Year 2000 International Conference on Dynamical Systems and Differential Equations (ICDSDE) Abstracts Book. USA, Kennesaw, 2000. - P.81.
9. Fuzzy Modeling for Control [Text] : Kluwer, 1998. – P. 122.
10. Абдалхамид, Д. Система экстремального управления многоплочным реактором с моделью [Текст] / Д. Абдалхамид, М. Г. Лорія, А. Б. Целищев, П.И.Елисеєв // Вісник СНУ. - 2012. - №15(186). - ч.2. - С.152-156.
11. Driankov, D. Palm, R. Advances in Fuzzy Control [Text] / D. Driankov, R.Palm // Physica-Verlag. Heidelberg. Germany - 1988. P. 129-137.
12. Pedrycz, W. An Introduction to Fuzzy Sets: Analysis and Design. [Text] / W. Pedrycz, F. Gomide // MIT Press. Hardcover. - 1998. №2. – P. 24-41.
13. Seraya, O. V., Domin, D. A. Linear regression analysis of a small sample of fuzzy input data (2012) Journal of Automation and Information Sciences, 44 (7), pp. 34-48.