

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЧЕВИНЫ МЕТОДОМ РЯДА ВОЛЬТЕРРА

Карраскель И.; Кузьмицкий И.Ф.

Кафедра СУ, ФИТУ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Беларусь

e-mail: hildemaro1980@gmail.com

Аннотация—В данном докладе приводится методика получения математической модели процесса производства мочевины, методом использования рядов Вольтерра, основанных на исторических данных системы входов-выходов в режиме работы.

Ключевые слова: Мочевина, идентификация, система, Вольтерра

I. ВВЕДЕНИЕ

Производство мочевины- это весьма сложный нелинейный химический процесс, в котором происходит реакция. Даже если применить законы физики и химии для идентификации системы, определение математической модели этого процесса, будет достаточно сложным.

В этой работе мы представляем методику решения получения математической модели системы производства мочевины; данная методика основывается на применении рядов Вольтерра, чьи проекции являются ядрами на ортогональной основе, с целью уменьшения коэффициента ряда.

II. Цели исследования:

1. Идентифицировать охарактеризованную систему посредством системы сумм свертываемости до степени P, используя систему Вольтерра.
2. Уменьшить коэффициент Вольтерра, применив усеченный ряд и характеристики ортогональности между ядрами функции Вольтерра.
3. Определить ядра Вольтерра.

III. Динамическая модель реактора синтеза мочевины.

Согласно схеме химического процесса в реакторе мочевины (Рис. 1, 2), возможно получить приближенную математическую модель системы, применяя законы физики и [1].

Математические уравнения химических реакций, показанные на [2], которые происходят в реакторе указывают нелинейны характер.

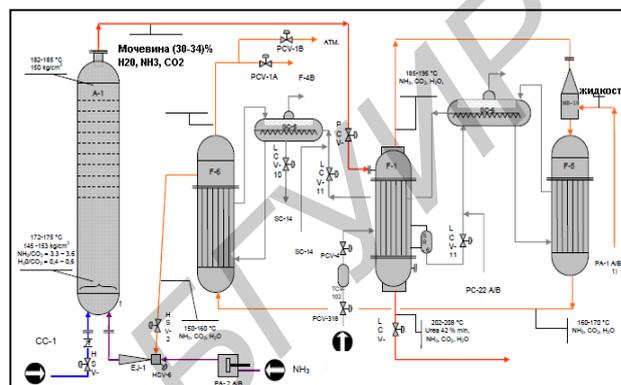


Рис. 1. Отдел синтеза производства мочевины.

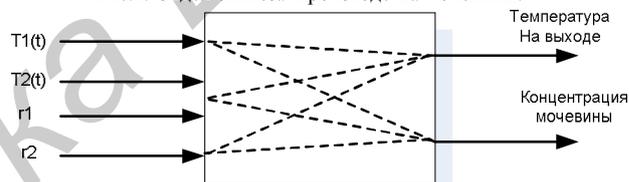


Рис. 2. Структура производства мочевины как объект управления.

IV. План модели для нелинейной системы на основе метода рядов Вольтерра.

Для идентификации нелинейной системы применяются ряды Вольтерра в усеченном порядке

$$\hat{y}(k) = \sum_{m_1=0}^{N-1} h_1 x(k - m_1) + \sum_{m_1=0}^{N-1} \dots \sum_{m_p=0}^{N-1} h_p x(m_1, m_2, \dots, m_p) x(k - m_2) \dots x(k - m_p) \quad (1)$$

Согласно уравнению (1) известны вход x (Рис. 3) и выход u (Рис. 4), а неизвестной остаются ядра ряда Вольтерра, которые вычисляются проекцией на некоторых функциях ортогональной основы. Наиболее используемые функции, единичного импульса, функции Лягерра, Эрмита, Чебышева функции Кауца. В основу берутся многочлены Лягерра из-за сходимости и за хорошие полученные результаты в подобных исследованиях. [3]

$$\Phi_i(z) = \sqrt{(1-a)^2 T} \frac{(1-az)^{i-1}}{(z-a)^i}, \quad \forall i > 1 \quad (2)$$

где a - полюс фильтров Лягерра ($|a| < 1$), T - период дискретизации.

V. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА МОЧЕВИНЫ ПОСРЕДСТВОМ РЯДОВ ВОЛЬТЕРРА.

1. Отбор модели усеченных сумм Вольтерра (1)
2. Выбрать порядок системы. В этом исследовании видно, что согласно уравнениям стехиометрии возможная минимальная степень-это 2.
3. Определить важные сигналы входа-выхода для процесса идентификации.

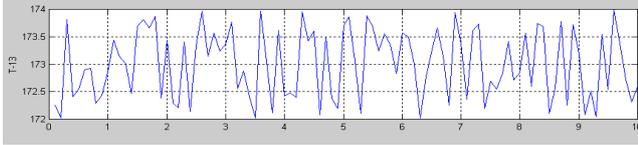


Рис.2. Температура входа реактора.

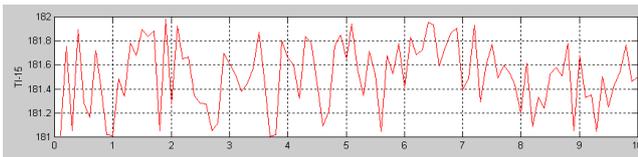


Рис.3. Температура выхода реактора.

4. Найти ядра ряда Вольтерра, путем применения многочленов (фильтров) Лягерра. Можем сказать, что выход $\hat{Y}(k)$ в функции фильтров Лягерра дан согласно следующему уравнению:

$$\hat{Y}(k) = CL(k), \quad (3)$$

где:

$$L(k) = [l(k)_1 \ l(k)_2 \ \dots \ l(k)_N]^T \quad (4)$$

$$C = [C_1 \ C_2 \ \dots \ C_N] \quad (5)$$

Поставляя (4), (5) в (1), имеем

$$\hat{y}(k) = h_0 + \sum_{k_1=1}^L C_1(k)l_{k_1}(k) + \sum_{k_1=1}^L \dots \sum_{k_p=1}^L \prod_{ki=k_1}^{kp} C_p(k_1, k_2, \dots, k_p)l_{ki}(k) \quad (6)$$

Согласно пункту [3], выход фильтров в системе Вольтерра – Лягерра (Рис. 5) может быть представлен

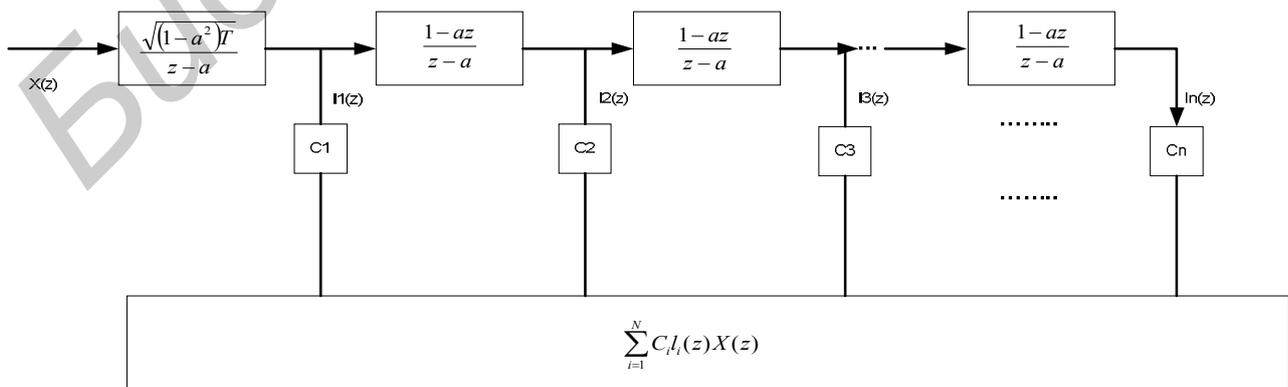


Рис.5 . Фильтры Лягерра.

следующей формой:

$$l_{ki}(k) = \sum_{m_1}^{N-1} \phi_{ki}(k)X(k - m_i), \quad (7)$$

где X это сигнал входа и ϕ_{ki} это ортогональная функция Лягерра, выраженная в виде уравнения (2).

Ошибка предварительной оценки определяется следующей формулой:

$$\varepsilon(k) = Y(k) - \hat{Y}(k) \quad (8)$$

На основе (8) составим функцию квадратичной ошибки

$$J(C) = \|\varepsilon(k)\|^2 \quad (9)$$

Для минимизации $J(C)$, необходимо найти производную по C и приравнять ее к нулю

$$\frac{dJ}{dC} = 0, \quad (10)$$

Что позволяет найти C в виде

$$C = (L^T L)^{-1} L^T \hat{Y}(k), \quad (11)$$

На основе приведенных методик рассчитываются коэффициенты динамической модели процесса производства мочевины.

VI. ВЫВОДЫ

Разработана методика идентификации процесса производства мочевины.

Найдены ядра уравнений Вольтерра математической модели процесса.

[1] Кэмбелл, Д.П. Динамика процессов химической технологии. Перевод с английского языка: Немировского А.М. Государство научно-техническое издательство химической литературы. Москва-1962. 362 с.
 [2] Babatunde, A; Ogunnaike, W. Process dynamic, modeling, and control. Oxford University press. New York 1994. 718 p.
 [3] Zhu, A. and Thomas J. RF Power amplifier behavioral modeling using Volterra expansion with Laguerre functions. Brazil. Microwave symposium digest, 2005 IEEE MTT-S International