DOI: 10.17117/ns.2015.02.081

Поступила (Received): 18.02.2015

<http://ucom.ru/doc/ns.2015.02.081.pdf>

ugatu_stand@mail.ru

Кулаков П.А.

Задача построения модели адаптивного регулятора на примере нефтехимической установки

Kulakov P.A.

The task of building a model example of the adaptation of the controller to the process unit

Рассмотрена задача синтеза модели регулятора для непрерывных динамических процессов на объектах нефтехимической промышленности. Формализована задача синтеза регулятора. Для решения нестационарной задачи, в которой вектор неизвестных параметров меняется во времени разработана полная структурная схема регулятора для параметров установки производства катионной нефтеполимерной смолы марки «СКОП» с адаптацией по величине рассогласования. Сформулирована целесообразная программная реализация блока адаптации в составе компьютерной системы управления для оперативного задания приемлемых режимов адаптации. Предложена имитационная модель. Используя систему имитационного моделирования VisSim был спроектирован регулятор с адаптацией по величине рассогласования для стабилизации давления полимеризатора. Приведены результаты моделирования. Проверена работоспособность адаптивной системы управления при отсутствии внешних воздействий. Во втором случае смоделировали разбаланс реагентов в случайный момент времени и продемонстрирована способность идентифицировать неизмеряемые возмущения, формировать управляющие воздействия на основе наблюдений доступных выходные переменные объекта

Ключевые слова: моделирование, адаптивная система, регулирование, нефтехимия

Кулаков Петр Алексеевич

Кандидат технических наук, доцент
Уфимский государственный авиационный
технический университет
Башкортостан, г. Стерлитамак, ул. Химиков, 21

The problem of synthesis of model controller for continuous dynamic processes at the facilities of the petrochemical industry. It formalized the problem of synthesis of the regulator. To solve the problem nestatsionarnoy in which the vector of unknown parameters change over time developed complete block diagram of the controller for parameters setting production cationic petroleum resin grade "SKOP" adaptation largest mismatch. Formulated expedient software implementation side of adaptation in the computer management system for the operational tasks of acceptable modes of adaptation. A simulation model. Using VisSim simulation system was designed to control the adaptation largest mismatch for stabilizing the pressure of the polymerizer. The results of the simulation. Check the operation of the adaptive control system in the absence of external influences. In the second case modeled imbalance reagents in a random time and demonstrated the ability to identify unmeasured disturbances generate control actions on the basis of observations available output variables of the object

Key words: modeling, adaptive, adjusting, petrochemicals

Kulakov Petr Alekseevich

Candidate of Engineering Sciences, Associate
Professor
Ufa state aircraft technical university
Bashkortostan, Sterlitamak, Himikov st., 21

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 14-01-97032*

Введение (Introduction)

Существует множество различных подходов для формирования интеллектуальных систем управления [1-4]. Нами выбрана адаптивная система управления [5].

Адаптивные системы можно разделить на два больших класса: самоорганизующиеся и самонастраивающиеся [5].

В самоорганизующихся системах в процессе функционирования происходит формирование алгоритма управления (его структуры и параметров), позволяющего оптимизировать систему с точки зрения поставленной цели управления.

В классе самонастраивающихся систем структура регулятора задана заранее (выбрана) и требуется определить лишь алгоритм настройки его коэффициентов (алгоритм адаптации).

Для решения поставленной задачи необходимо использовать самоорганизующиеся системы, поскольку в процессе функционирования установки меняется химический состав реагентов, а значит и ЦУ регулятора.

Основные трудности связанные с регулированием процесса соолигомеризации непредельных углеводов представлены в работах [8-10].

Материалы и методы (Materials and Methods)

Методика построения регулятора представлена в работах [6-8]. На объект управления влияют задаваемые воздействия (измеряемые возмущения) $Z = Z(t)$, а также неизмеряемые возмущения $N = N(t)$ и управляющие воздействия $U = U(t)$. Для наблюдения доступны ряд выходных переменных объекта $P = P_v(t)$. Оценку поведения объекта производят через зависимости от ряда неизвестных параметров, в совокупности обозначенных через ξ . Задано множество Ξ возможных значений ξ , которые определяют допустимые классы объектов и возмущений. Желаемое поведение объекта управление определено заданием цели управления. Требуется синтезировать алгоритм управления, использующий измеряемые и вычисляемые на основе измерений величины, не зависящие от $\xi \in \Xi$, и обеспечивающий для каждого $\xi \in \Xi$ достижение заданной ЦУ.

Вектор ξ считается квазистационарным, т.е. меняющимся медленно (медленнее динамических процессов в объекте и изменений внешних воздействий).

Наиболее совершенной стратегией управления является адаптивная стратегия, состоящая в одновременном изучении объекта и управлении им.

Вектор параметров Θ (вектора параметров блока задания) определяет алгоритм 1-го уровня. Для каждого $\xi \in \Xi$ алгоритм должен обеспечивать достижение цели управления для выбранных соответствующим образом значений $Z = Z(\xi)$. Для изменения (настройки) вектора Z применяется алгоритм 2-го уровня. В результате обеспечивается достижение цели управления при неизвестном $\xi \in \Xi$.

Можно формализовать задачу синтеза следующим образом. Пусть непрерывная динамическая система описывается уравнениями состояния

$$P(t) = F(Z, N, U, \xi, t), \quad (1)$$

где $F(\cdot)$, – известные вектор-функции;

N_i , – возмущения на ОУ и помехи измерений;

$X \in R_n$, $U \in R_m$, $P \in R_r$, – векторы состояния, управления, внешних входов и выходов ОУ соответственно.

Цель управления задается в виде целевого неравенства

$$\varepsilon \leq \Delta \text{ при } t > t^*, \Delta \geq 0, \quad (2)$$

где $\varepsilon(t) = \varepsilon(X(t), U(t))$ – целевая функция.

Задача синтеза состоит в нахождении вектора задания Z и алгоритма управления из заданного класса двухуровневых алгоритмов вида

$$Z(t) = Z_i(P(t), Z_0(t), F(t)). \quad (3)$$

обеспечивающих достижение ЦУ (2) в уравнении (1), для каждого $\xi \in \Xi$. Здесь $U_t(\cdot)$, $Z(\cdot)$ некоторые операторы.

$$\tau_1 \frac{d^2 Z(t)}{dt^2} + \frac{dZ(t)}{dt} = k_1 \frac{dP(t - \tau_2)}{dt} + k_2 P(t - \tau_2);$$

$$P(t) = k_3 (Z(t) - \sum_{i=1}^n \Delta_i + \sum_{j=1}^m \Delta_j);$$

$$\tau_3 \frac{d^2 \Delta P(t)}{dt^2} + \frac{d\Delta P(t)}{dt} = k_4 T_1 \frac{d\varepsilon(t - \tau_3)}{dt} + k_5 \varepsilon(t - \tau_4);$$

$$\varepsilon(t) = Z^0(t) - Z(t) = \sum_{j=1}^m \Delta_j - \sum_{i=1}^n \Delta_i;$$

$$Z(t+1) = Z^0(t) + \sum_{i=1}^n \Delta_i - \sum_{j=1}^m \Delta_j,$$

$$Z(\infty) \rightarrow \min,$$

$$P(\infty) \rightarrow P_s. \quad (4)$$

где $\tau_1 \div \tau_4$ – время запаздывания прохождения информации в системе управления полимеризатором;

$K_1 \div K_1$ – коэффициенты передачи динамических звеньев системы управления полимеризатором;

T_1 – постоянная времени звена системы управления;

$P(t)$ – текущее значение давления в полимеризаторе.

При решении задачи стабилизации давления в полимеризаторе был разработан алгоритм с адаптацией по величине рассогласования [9].

Процесс управления производством катионной нефтеполимерной смолы (КНПС) «СКОП» осуществляется в следующей последовательности: Осуществляется непрерывное сканирование одного технологического параметра адаптации, объемный расход одного реагента, поступающего в полимеризатор до ис-

течения заданного числа шагов; при завершении периода непрерывного сканирования, а также при определении справедливости неравенства $|\varepsilon(t)| > |\varepsilon(t-1)|$ переменная Z меняет знак на противоположный и выполняется функция

$$Z(t+1) = Zt - \Delta \cdot M \cdot Z \text{ или } Z(t+1) = Zt + \Delta \cdot M \cdot Z, \quad (5)$$

и алгоритм адаптивного управления для общего случая задания регулятора имеет следующий вид:

$$Z_{k(t+1)} = Z_{kt} + \sum_{i=1}^n \Delta_i - \sum_{j=1}^m \Delta_j, \quad (6)$$

где n – число положительных,

m – число отрицательных приращений к заданию регулятора за $(n+m)$ периодов сканирования параметра адаптации, k .

При правильном выборе значений ε_n и Δ текущее значение ε в любой момент времени будет находиться внутри коридора $\pm\Delta$ и изменяться по сложному закону (рис. 1). Отсюда следует, что рассматриваемый контур управления работает с предельно допустимым рассогласованием, что обеспечивает максимальную производительность управляемого объекта без возникновения сбоев в системе управления, а установка производства КНПС «СКОП» превращается в самонастраивающуюся систему.

Рис. 1. Коридор допустимых значений ε при адаптации по величине рассогласования

Результаты (Results)

Для решения нестационарной задачи, в которой вектор неизвестных параметров ξ меняется во времени ($\xi = \xi(i)$), разработана полная структурная схема регулятора для параметров установки производства КНПС «СКОП» с адаптацией по величине рассогласования.

Сформулирована целесообразная программная реализация блока адаптации в составе компьютерной системы управления для оперативного задания приемлемых режимов адаптации. Предельное значение рассогласования ε_n и приращение величины задания Δ необходимо задавать в виде параметров настройки системы.

Используя систему имитационного моделирования VisSim был спроектирован регулятор с адаптацией по величине рассогласования для стабилизации давления полимеризатора, в котором, величины ε_n , Δ заданы априорно, а величина Z меняется по алгоритму [9].

Нами был разработан проект, схема которого представлена на рис. 2.

После успешного ввода и перед пуском проекта на симуляцию, прежде всего вводятся исходные данные ε_p , Z_{0i} для каждого из реагентов. Задание начальных условий и алгоритма происходит в соответствующих блоках показанных для катализатора – блок «подача катализатора», для промотора – блок «подача промотора» и мономера – «блок подача мономера».

Задание первоначальных значений происходит в блоках «Генератор подачи катализатора», «Генератор подачи ацетона», «Генератор подачи мономера». Вводятся исходные данные с помощью блока «Step block», сигнал которого со знаком «плюс» подается на сумматор и на блок задержки 0,01с, далее на сумматор со знаком «минус». В результате в начальный момент значение сигнала на выходе сумматора равно значению на блоке «Step block», а через 0,01 с устанавливается в нулевое значение

Рис. 2. Схема симулирования работы модуля адаптивного рассогласования

Полученные таким образом сигналы подаются на сумматор обратной связи и на составной блок «Полимеризатор» через составной блок «преобразование в абсолютное значение». Последний блок преобразовывает поток вещества в числовое значение с учетом концентрации и необходимого соотношения этих веществ в полимеризаторе.

В составном блоке «Полимеризатор» происходит реакция на входные данные и на выходе появляется только один параметр – давление, который подается на звено обратной связи и на блок дисплея, позволяющий визуализировать законы изменения. Параллельно блоку «Полимеризатор» имеется блок «Абсолютный расход», преобразующий входной сигнал в абсолютное значение содержания реагентов.

После блока «Полимеризатор» данные о давлении поступают в 3 параллельных блока «Проверка правильности настройки» (внутри блоков «Подача катализатора», «Подача ацетона», «Подача мономера»), в которых происходит настройка задания. Сигнал задания 3 алгебраически суммируется с Δ . Причем Δ берется со знаком «плюс», если $|\varepsilon(t)| > |\varepsilon(t-1)|$, иначе – со знаком «минус». Данная операция реализована следующим образом: через звено задержки из значения давления вычитается заданное и берется модуль с помощью блока «abs». Данное значение $\varepsilon(t)$ сравнивается со значением $\varepsilon(t-1)$, полученным ранее и прошедшим чрез звено задержки с помощью блока «меньше чем». Если $|\varepsilon(t)| < |\varepsilon(t-1)|$, то на выходе единица, иначе на выходе устанавливается отрицательный уровень сигнала (-1). Далее сигнал сравнивается со значением знака Δ , бывшим на предыдущей итерации. И в случае $|\varepsilon(t)| < |\varepsilon(t-1)|$ знак Δ остается, иначе меняется на противоположный.

Рис. 4. График абсолютного содержания компонентов в полимеризаторе при отсутствии внешних воздействий

Рис. 5. График абсолютного содержания компонентов в полимеризаторе при уменьшении концентрации катализатора в растворителе с 30 до 15%

Результаты моделирования представлены на рисунках 4-6. В первом случае проверили работоспособность адаптивной системы управления при

отсутствии внешних воздействий (рис. 4). Во втором случае смоделировали разбаланс реагентов в момент времени $t = 2$ минуты (рис. 5, 6).

Из рисунка 6 видно, что закон изменения давления при разбалансе стационарной концентрации приобрел оптимальный и безопасный характер.

Рис. 6. График изменения давления в полимеризаторе при уменьшении концентрации катализатора в растворителе с 30 до 15%

Обсуждение и заключение (Discussion and Conclusion)

Разработана модель АСУ с адаптацией по величине рассогласования на основе пакета программ VisSim, позволяет за счет вариации расходов реагентов с заданной дискретностью быстро найти наиболее приемлемый режим работы установки, с минимальной продолжительностью переходного процесса и с наименьшим колебанием давления при изменении концентрации реагентов.

Выбранный метод адаптивного управления дозирования компонентов в реактор позволяет идентифицировать неизмеряемые возмущения, формировать управляющие воздействия на основе наблюдений доступных выходные переменные объекта. В результате поддерживается желаемое поведение объекта управления.

Спроектированная модель регулятора в системе имитационного моделирования VisSim отвечает математической модели с адаптацией по величине рассогласования.

Результаты моделирования позволяют сделать вывод о стабилизации давления в полимеризаторе при рассогласовании компонент.

Список используемых источников:

1. Сагдатуллин А.М., Муравьева Е.А., Емекеев А.А. Классическая теория нечеткого управления в контексте методов дефазификации // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе. Уфа, 2015. С. 198-204.
2. Зозуля Ю.И., Слетнёв М.С. Разработка программного комплекса нейросетевой системы поддержки принятия решений по безопасному оперативному управлению нефтехимическим производством // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2013. № 11. С. 7-14.
3. Муравьева Е.А., Соловьев К.А., Султанов Р.Г., Соловьева О.И. Синтез нечеткого регулятора с заданной многомерной статической характеристикой // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2015. № 1. С. 245-260.

4. Самойлов В.В., Хисамутдинов С.И., Зозуля Ю.И., Муравский А.К. Оперативный анализ баланса потоков жидкости в инженерных сетях нефтегазовой отрасли // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2003. № 11. С. 17.
5. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 744 с.
6. Кулаков П.А., Шишкина А.Ф., Кулакова А.Ф. Адаптивный алгоритм управления дозированием реагентов при производстве катионных нефтеполимерных смол // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. URL: www.science-education.ru/118-14172
7. Кулаков П.А., Кулакова А.Ф., Шишкина А.Ф. Адаптивный алгоритм управления оптимизацией работы установки производства катионных нефтеполимерных смол по показателям повышения качества и безопасности // Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях. Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2014. С. 141–148
8. Кулаков П.А., Шарафиев Р.Г., Ризванов Р.Г. Основные этапы анализа риска установки производства катионных нефтеполимерных смол и пути повышения безопасности // Безопасность жизнедеятельности. 2009. № 5. С. 14–17.
9. Попов Б.И., Шарафиев Р.Г., Ризванов Р.Г., Кулаков П.А. Анализ возможных опасностей при эксплуатации установки синтетического олигопипериленового каучука // Безопасность труда в промышленности, №12, 2006. С. 60–63.
10. Кулаков П.А. Обеспечение безопасности технологической установки производства олигопипериленового синтетического каучука: Дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. 05.26.03: Казань, 2011. 121 с.
11. Попов Б.И., Кулаков П.А., Шарафиев Р.Г., Ризванов Р.Г., Ерофеев С.В. Патент 79689 Российской Федерации G05B19/18 Автоматизированная система управления процессом дозирования и смешивания жидких компонентов. Оpubл. 10.01.2009.

References:

1. Sagdatullin A.M., Muravieva E.A., Emekeev A.A. The classical theory of fuzzy control in the context of methods of defuzzification. Ufa, 2015. P. 198-204.
2. Zozulya Y.I., Sletnyov M.S. Development of the program complex neural network decision support system for safe operational management of petrochemical production. Automation and remote control of the connection in the oil industry. 2013. № 11. P. 7-14.
3. Muravieva E.A., Soloviev K.A., Sultanov R.G., Solovieva O.I. Synthesis of fuzzy controller with a given multi-dimensional static characteristic. Electronic scientific journal oil and gas business. 2015. № 1. P. 245-260.
4. Samojlov V.V., Hisamutdinov S.I., Zozulya YU.I., Muravskij A.K. Operational analysis of the balance of fluid flow in oil and gas engineering networks. Automation and remote control of the connection in the oil industry. 2003. № 11. P. 17.
5. Egupova N.D. Methods of robust, neuro-fuzzy and adaptive management M.: MSTU. NE Bauman, 2001. 744 p.
6. Kulakov P.A., Shishkina A.F., Kulakova A.F. The adaptive control algorithm dispensing of reagents in the production of petroleum resins cationic. Modern problems of science and education. 2014. № 4. URL: www.science-education.ru/118-14172
7. Kulakov P.A., Kulakova A.F., Shishkina A.F. The adaptive control algorithm optimization of the plant production of cationic petroleum resins in terms of improving the quality and safety. Tol'yatti: PVGUS, 2014. P. 141–148.
8. Kulakov P.A., Sharafiev P.G., Rizvanov P.G. The main stages of risk analysis setting production cationic petroleum resins and ways to improve safety. Health and Safety. №5. 2009. P. 14-17.
9. Popov B.I., Sharafiev R.G., Rizvanov R.G., Kulakov P.A. Analysis of the potential hazards in the operation of the installation of synthetic rubber oligopiperilenovogo. Safety in industry, №12, 2006. P. 60-63.
10. Kulakov P.A. Ensuring the safety of the process plant production oligopiperilenovogo synthetic rubber: Dis. for the degree of PhD. tehn. Sciences. Kazan, 2011. 121 p.
11. Popov B.I., Kulakov P.A., Sharafiev R.G., Rizvanov S.V., Erofeev V.V. Patent 79689 Rusia G05B19/18 Automated process control system for the dosing and mixing of the liquid components. 2009.

© 2015, Кулаков П.А.

Задача построения модели адаптивного регулятора на примере нефтехимической установки

© 2015, Kulakov P.A.

The task of building a model example of the adaptation of the controller to the process unit