

УДК 681.547

Бобух А.А., Ковалев Д.А., Дзевочко А.М., Подустов М.А., Костенко Ю.В.

ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫЙ АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Введение

Технологические процессы большинства сложных химических производств относятся к классу объектов, в которых процессы переработки сырья, находясь в непрерывном контакте с аппаратами различного технологического назначения, изменяют свои химические составы. Эта переработка достигается в результате реакций химических превращений, межфазного массообмена, смешения и разделения, нагрева и охлаждения и характеризуется как непрерывный, нелинейный многомерный объект с экстремальными нестационарными характеристиками, являющийся предметом рассмотрения теории адаптивной оптимизации [1–4]. Интерес представляет разработка алгоритма адаптивного управления такими объектами в условиях помех.

Цель работы

Разработка помехоустойчивого алгоритма адаптивного управления, который позволяет с высокой точностью и быстродействием осуществлять управление нестационарными объектами в условиях помех.

Основная часть

Для управления нестационарным объектом целесообразно применять адаптивную модель объекта, моделирующую его динамические свойства (АМОМДС). При этом на входы объекта управления (ОУ) и АМОМДС подаются n – мерные управляющие воздействия $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$. ОУ преобразует эти воздействия в выходной сигнал $y(t)$, который подается также на входы АМОМДС, а она реализует оптимальный адаптивный алгоритм идентификации [5]:

$$k_i(t) = k_i(o) + \frac{1}{T} \int_o^t \frac{y(t) - \sum_{i=1}^n k_i(t)x_i(t)}{\sum_{i=1}^n x_i^2(t)} x_i(t) dt, \quad (1)$$

где $i = \overline{1, n}$; $k_i(o)$ – начальное значение коэффициентов модели, и вычисляет значения коэффициентов $k_i(t)$, которые служат исходной информацией для вычисления управляющих воздействий.

Алгоритм идентификации (1) наиболее просто можно реализовать при помощи современных многоканальных, высокопроизводительных, быстродействующих, высоконадежных и многофункциональных микропроцессорных контроллеров (МПК) со специальными программами (СП). МПК в реальном масштабе времени по СП выполняет стандартные функции суммирования, деления, интегрирования, умножения, вычитания, возведения в квадрат и дифференцирования, а также вычисления значения сигнала рассогласования $\varepsilon(t)$ между требуемым (заданным) выходом ОУ $y^*(t)$ и его фактическим выходом $y(t)$, то есть, $\varepsilon(t) = y^*(t) - y(t)$.

Значение сигнала рассогласования используется для определения МПК по СП промежуточных значений сигналов, в частности: $\frac{y^*(t) - y(t)}{\sum_{i=1}^n k_i^2(t)} k_i(t)$. Эти сигналы необходимы для вычисления МПК по СП скорректированных значений управляющих воздействий:

$$x_i(t) = x_i(o) + \frac{1}{T} \int_o^t \frac{y^*(t) - y(t)}{\sum_{i=1}^n k_i^2(t)} k_i(t) dt, \quad (2)$$

где $x_i(o)$ соответствует начальным значениям управляющих воздействий.

Алгоритм управления (2) является адаптивным градиентным оптимальным по быстродействию алго-

ритмом, мінімізуючим рассогласование между требуемым (заданным) значением выхода $y^*(t)$ и фактическим его значением $y(t)$ нестационарного многомерного ОУ.

Действительно, если в качестве критерия оптимизации выбран квадратичный функционал от рассогласования между требуемым (заданным) значением выхода $y^*(t)$ и фактическим его значением $y(t)$, то градиентный алгоритм минимизации этого функционала имеет вид:

$$\bar{x}_i(t) = \gamma [y^*(t) - \sum_{i=1}^n k_i(t)x_i(t)]k_i(t), \quad (3)$$

где $\gamma > 0$ - некоторый параметр. Рассмотрим величину:

$$\phi(t) = \sum_{i=1}^n [\bar{x}_i(t) - \bar{x}_i^*(t)]^2, \quad (4)$$

представляющую собой сумму квадратов отклонений управляющих воздействий $\bar{x}_i(t)$ от их оптимальных воздействий $\bar{x}_i^*(t)$.

Использование алгоритма (3) приводит к тому, что величина $\phi(t)$ (4) преобразуется к виду:

$$\phi(t) = 2 \sum_{i=1}^n [x_i(t) - x_i^*(t)][\bar{x}_i(t) - \bar{x}_i^*(t)]. \quad (5)$$

Подставляя в (5) значение $\bar{x}_i(t)$ из (3) и учитывая, что требуемое (заданное) значение выхода $y^*(t)$ связано с требуемым значением векторов управляющих воздействий $x_i^*(t)$ соотношением:

$$y^*(t) = \sum_{i=1}^n k_i(t) \cdot x_i^*(t), \text{ получают:}$$

$$\begin{aligned} \phi(t) = & -2\gamma \sum_{i=1}^n [x_i(t) - x_i^*(t)]k_i(t) - 2\gamma \sum_{i=1}^n [x_i(t) - x_i^*(t)]\bar{x}_i^*(t) \geq \\ & -2\gamma \sum_{i=1}^n [x_i(t) - x_i^*(t)]^2 \sum_{i=1}^n k_i^2(t) - 2\gamma \sum_{i=1}^n [x_i(t) - x_i^*(t)]\bar{x}_i^*(t). \end{aligned} \quad (6)$$

Из (6) можно видеть, что скорость уменьшения ошибки $(x_i(t) - x_i^*(t))$ зависит от значений параметров объекта $k_i(t)$.

Выбор $\gamma = 1 / \left(\sum_{i=1}^n k_i^2(t) \right)$ приводит к существенно меньшей зависимости или (в случае, например, стабилизации, когда $x_i^*(t) = 0$) независимости скорости изменения $\phi(t)$ от $\sum_{i=1}^n k_i^2(t)$. Если же требуемая скорость изменения управляющих воздействий $\bar{x}_i(t)$ незначительна, то такой выбор параметра γ обеспечивает экспоненциальный закон изменения $\phi(t) \geq \phi_0 \cdot e^{-2t}$, где $\phi_0 = \sum_{i=1}^n [x_i(0) - x_i^*(0)]^2$ - начальное рассогласование, следовательно, и максимальное быстродействие алгоритма при монотонном характере переходного процесса.

Вывод

В результате исследования разработан помехоустойчивый алгоритм адаптивного управления для технологических процессов сложных химических производств. Использование адаптивной модели и помехоустойчивого алгоритма адаптивного управления позволит с высокой точностью и быстродействием осуществлять управление нестационарными объектами управления в условиях помех.

Литература

1. Бобух А.А. Компьютерно-интегрированная система автоматизации технологических объектов управления централизованным теплоснабжением: монография [Текст] / А.А. Бобух, Д.А. Ковалев; под ред. А.А. Бобуха. – Х.: ХНУГХ им. А.Н. Бекетова, 2013. – 226 с.
2. Тюкин И.Ю. Адаптация в нелинейных динамических системах: монография [Текст] / И.Ю. Тюкин, В.А. Терехов. – СПб.: ЛКИ, 2008. – 384 с.
3. Мирошник И.В. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами [Текст] / И.В. Мирошник, В.О. Никифоров, А.Л. Фрадков. – СПб.: Наука, 2000. – 549 с.
4. Annaswamy A.M., Skantze F.P., Loh A.-P. Adaptive control of continuous time systems with convex/concave parametrization [Text] // Automatica. – 1998. – Vol. 34, № 1. – P. 33–49.
5. А. с. SU 1045220 А, G 05 В13/02. Адаптивный регулятор / И.Д. Зайцев, В.И. Салыга, А.А. Бобух и др. (СССР). – № 3273809/24; заяв. 08.04.81; опубл.30.09.83, Бюл. № 36.

Bibliography (transliterated)

1. Bobuh A.A. Kompyuterno-integrirrovannaya sistema avtomatizatsii tehnologicheskikh ob'ektov upravleniya tsentralizovannyim teplosnabzheniem: monografiya [Tekst]. A.A. Bobuh, D.A. Kovalev; pod red. A.A. Bobuha. – H.: HNUGH im. A.N. Beketova, 2013. – 226 p.
2. Tyukin I.Yu. Adaptatsiya v nelineynykh dinamicheskikh sistemah: monografiya [Tekst]. I.Yu. Tyukin, V.A. Terehov. – SPb.: LKI, 2008. – 384 p.
3. Miroschnik I.V. Nelineynoe i adaptivnoe upravlenie slozhnyimi dinamicheskimi sistemami [Tekst]. I.V. Miroschnik, V.O. Nikiforov, A.L. Fradkov. – SPb.: Nauka, 2000. – 549 p.
4. Annaswamy A.M., Skantze F.P., Loh A.-P. Adaptive control of continuous time systems with convex/concave parametrization [Text]. Automatica. – 1998. – Vol. 34, # 1. – P. 33–49.
5. A. s. SU 1045220 A, G 05 B13/02. Adaptivnyiy regulyator. I.D. Zaytsev, V.I. Salyiga, A.A. Bobuh i dr. (SSSR). – # 3273809/24; zayav. 08.04.81; opubl.30.09.83, Byul. # 36.

УДК 681.547

Бобух А.О., Ковальов Д.О., Дзевочко О.М., Подустов М.А., Костенко Ю.В.

ПЕРЕШКОДОСТІЙКИЙ АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ

В статті розроблено перешкодостійкий алгоритм адаптивного керування для технологічних процесів складних хімічних виробництв. Використання адаптивної моделі і перешкодостійкого алгоритму адаптивного керування дозволить з високою точністю і швидкодією здійснювати керування нестационарними об'єктами керування в умовах перешкод.

Bobukh A.A., Kovalyov D.A., Dzevochko A.M., Podustov M.A., Kostenko J.V.

ANTIJAMMING ALGORITHM OF ADAPTIVE CONTROL

In the article the antijamming algorithm of adaptive control is worked out for the technological processes of difficult chemical productions. The use of adaptive model and antijamming algorithm of adaptive control will allow with high exactness and fast-acting to carry out a control the non-stationary objects of control in the conditions of hindrances.