

Магистрант Аскарлов А.С.

*Уфимский государственный нефтяной технический университет, Республика
Башкортостан, Россия*

Магистрант Аскарова А.С.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия*

Разработка и исследование оптимальных настроек и адаптации ПИД-регуляторов для управления технологическими процессами в нефтегазовой промышленности

Задача эффективного управления технологическими процессами остается актуальной проблемой для предприятий различных отраслей промышленности, включая нефтяную и газовую. Одним из составляющих факторов комплексной проблемы задачи управления является автоматическое поддержание технологических параметров на заданном уровне. С этой целью на предприятиях широко используются ПИД-регуляторы.

При использовании данных регуляторов основной проблемой является необходимость настройки его параметров: коэффициента усиления, постоянной времени интегрирования и постоянной времени дифференцирования, причем системы автоматического регулирования должны удовлетворять заданным критериям качества переходных процессов (по быстродействию, перерегулированию, степени затухания). На практике используются инженерные методы настройки регуляторов, при которых обработка данных производится вручную (графоаналитическими способами). Данная процедура требует от исполнителя особого опыта, а также отнимает много времени на построение графиков переходных процессов, их обработку и вычисление коэффициентов.

Для настройки ПИД-регулятора используется «инженерный метод», который предполагает расчет регулятора с последующим варьированием параметров для получения «оптимального» процесса.

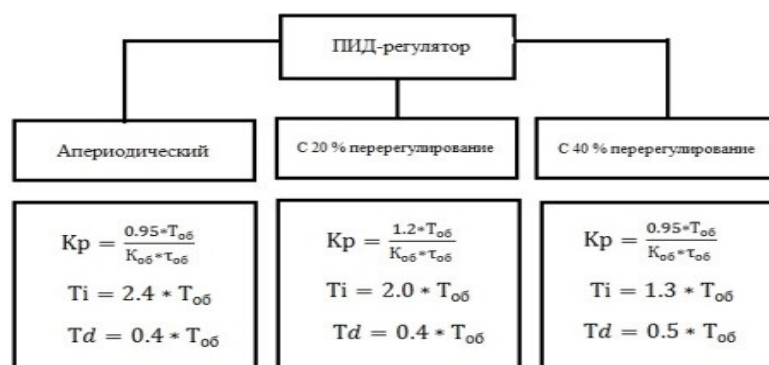


Рисунок 1 – Формулы расчета параметров настройки ПИД-регулятора

Во многих случаях одной из таких проблем является обеспечение соответствия между нестационарными, то есть изменяющимися в процессе эксплуатации параметрами технологического процесса и настраиваемыми, оптимальными в определенном смысле параметрами ПИД-регулятора. Решение такой проблемы разделяется на два этапа. На первом этапе в разомкнутом контуре регулирования осуществляется первичная настройка параметров ПИД-регулятора во время пуска системы управления. На втором этапе нормальной эксплуатации технологического процесса его параметры, как уже было отмечено, начинают меняться, что приводит к несоответствию между параметрами процесса и настройками регулятора.

Разработан автоматически настраивающийся адаптивный ПИД регулятор для управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, решающий задачи как первого, так и второго этапов. Созданный регулятор работает в одном из трех режимов:

- в разомкнутом контуре регулирования с целью получения начальной автоматической настройки его параметров подачей на вход объекта ступенчатого управляющего воздействия;

- в замкнутом контуре регулирования с адаптацией настроек регулятора к изменению статического коэффициента усиления объекта без подачи каких-либо идентифицирующих воздействий;

- в замкнутом контуре регулирования с адаптацией настроек регулятора к изменению динамических параметров объекта с помощью относительно короткого импульсного управляющего воздействия.

Блок-схема регулятора, в котором реализованы все три режима его работы, представлена на рис. 2.

Как следует из рис. 2, режим работы ПИД-регулятора в разомкнутом контуре регулирования с целью его начальной автоматической настройки имеет место, когда переключатель "П" находится в положении "1". В двух других возможных режимах адаптивного управления, когда контур регулирования замкнут, переключатель "П" находится в положении "2".

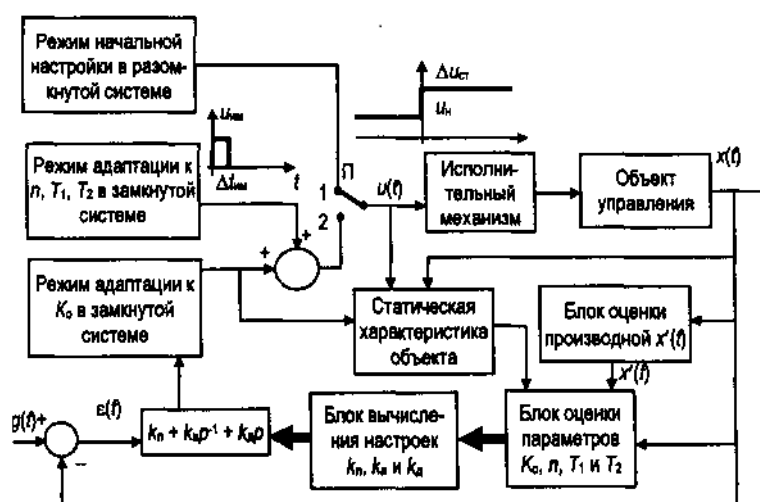


Рисунок 2 – Блок-схема автоматически настраивающегося адаптивного ПИД-регулятора

Задачи автоматической настройки и адаптации параметров ПИД-регулятора решаются на основе результатов в области систем управления максимальной степени устойчивости, и в предположении, что объект управления апериодический и его поведение с достаточно высокой точностью аппроксимируется передаточной функцией вида:

$$W_{\text{объект}}(s) = \frac{k_0}{(T_1 s + 1)^n (T_2 s + 1)}$$

где k_0 - статический коэффициент усиления; T_1 и T_2 - постоянные времени инерционных звеньев; n - число инерционных звеньев с постоянной времени.

Рассмотрим указанные выше три режима работы регулятора. В первом режиме процесс начальной, автоматической настройки ПИД-регулятора осуществляется добавлением в определенный момент времени $t = 0$ к начальному уровню управления u_n ступенчатого управления $\Delta u_{ст}$.

$$u(t) = \begin{cases} u_n & \text{при } t > 0, \\ u_n + \Delta u_{ст} = u_k & \text{при } t \geq 0 \end{cases}$$

С помощью такого воздействия, подаваемого на вход объекта, и обработкой определенным образом реакции на это воздействие находятся параметры динамической модели объекта с последующим их пересчетом в оптимальные по степени устойчивости параметры в ПИД-законе управления.

Идентифицируемые параметры модели (1) k_0, n, T_1 и T_2 оцениваются с помощью функций $x(t)$ и $x'(t)$, где $x(t)$ - реакция объекта на ступенчатое управляющее воздействие $u(t)$, $x'(t)$ - производная этой реакции. Результатом обработки функций $x(t)$ и $x'(t)$ является определение характерных точек, по которым и оцениваются искомые параметры. Такими точками могут быть, например:

$$A_{max}(t_m), A_1(t_1) = 0,2A_{max}, A_1(t_2) = 0,2A_{max} \text{ и } \Delta x = x(t_2) - x(0)$$

Характерные точки определяются пятью значениями $A_{max}, t_m, t_1, t_2, \Delta x$ причем время t_1 оценивает момент начала реакции объекта на ступенчатое воздействие, а t_2 - момент окончания действия этой реакции. С помощью указанных значений можно оценить искомые параметры k_0, n, T_1 и T_2 по формулам:

$$k_0 = \frac{\Delta x}{\Delta u_{ст}}, n = \left[\frac{1,3t_m}{t_m - t_1} \right], T_1 = \frac{t_m - t_1}{n} \text{ и } T_2 = \frac{1,2|\Delta x|}{A_{max}}$$

Таким образом, адаптация настроек ПИД-регулятора в замкнутом контуре управления в соответствии с этим обеспечивает высокое качество процессов регулирования практически при любых изменениях характеристик технологического процесса.

Продemonстрируем возможности рассмотренного ПИД-регулятора в режиме адаптации в замкнутом контуре регулирования. На рис. 3 показано решение той же задачи с настройками регулятора, соответствующими процессу рис. 2, но при увеличенном напряжении питания до 220 В, что равносильно четырехкратному увеличению статического коэффициента усиления объекта управления.

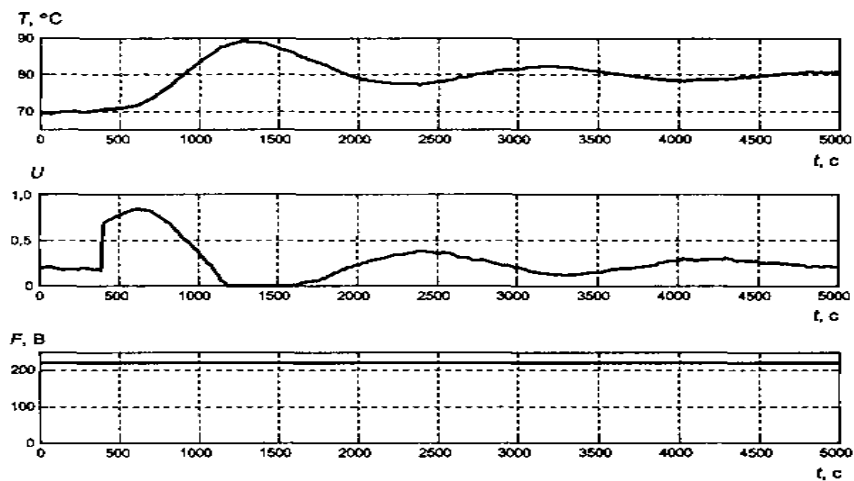


Рисунок 3 – Процесс регулирования температуры сушильной камеры с 70 и 80 $^{\circ}\text{C}$ ПИД-регулятором при изменении задания на 400 с, настроенным на напряжение питания 110В (верхний график), процесс изменения управляющего сигнала (средний график), напряжение питания камеры 220 В (нижний график)

Из рис. 3 следует, что качество процесса изменения температуры камеры существенно ухудшилось и система управления стала близка к неустойчивой. На рис. 4 тот же случай работы системы управление.

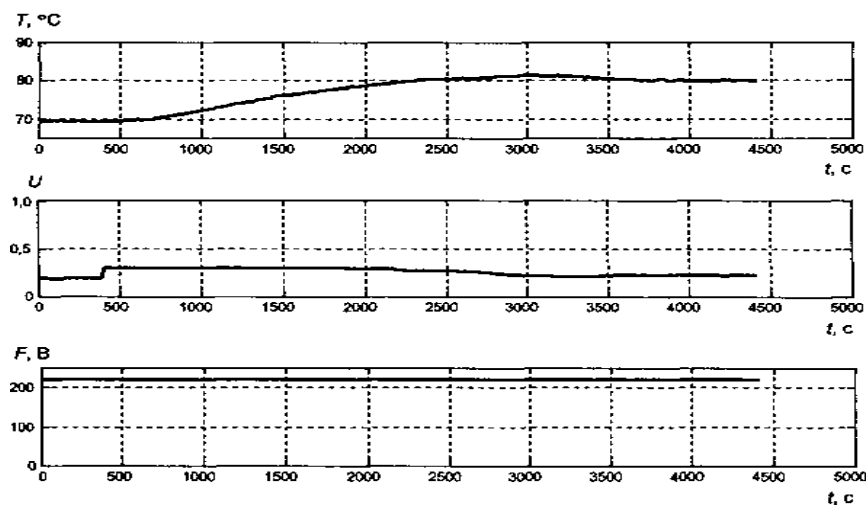


Рисунок 4 – Процесс регулирования температуры сушильной камеры с 70 и 80 $^{\circ}\text{C}$ адаптивным ПИД-регулятором при изменении задания на 400 с,

настроенным на напряжение питания 110В (верхний график), процесс изменения управляющего сигнала (средний график), напряжение питания камеры 220 В (нижний график)

Следовательно, обычный ПИД-регулятор не может обеспечить качественную и устойчивую работу сушильной камеры при четырехкратном изменении я статического коэффициента усиления объекта, в то время как рассмотренный адаптивный ПИД-регулятор в этом случае позволяет осуществлять оптимальное управление температурой сушильной камеры.

Проведенное исследование показало, что автоматически настраивающийся адаптивный ПИД-регулятор может эффективно решать задачи первичной автоматической настройки параметров регулятора и коррекции этих параметров при эксплуатации систем управления, обеспечивая тем самым оптимальность процессов управления технологическими режимами во всех возможных случаях.

Литература:

1. С.В. Гуляев, Т.И. Черепова, А.А. Шубладзе, А.М. Шубладзе. Оптимальные по степени устойчивости системы управления динамическими объектами. Проблемы управления. – М.: 2003.-М 3. - С. 2-10.
2. Шубладзе А.М. Методика расчета оптимальных по степени устойчивости ПИ-законов управления. 1 // Автоматика и телемеханика. -1987. - №4.-С. 16-25.
3. Бобцов А.А., Пыркин А.А. Адаптивное и робастное управление с компенсацией неопределенности. Учебное пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013 г. – 135с.
4. Павлов А.А. Синтез релейных систем оптимизации по быстродействию. – М.: Наука, 1988. – 150с.