

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УЗЛОМ СТАБИЛИЗАЦИИ ДАВЛЕНИЯ АНОДНОГО ГАЗА ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ФТОРА

¹Д.И. Тетерин, ²Н.С. Криницын
²В.Ф. Дядик

¹АО «Сибирский химический комбинат», ²Томский политехнический университет
TeterinDI@yandex.ru

Введение

Получение технического фтора на Сублиматном заводе Сибирского химического комбината осуществляется электролизом расплавленного трифторида калия в среднетемпературных электролизерах [1,2].

От качества управления давлением газообразного фтора (анодного газа) на выходе из электролизера зависит срок службы технологического аппарата, качество получаемого продукта и безопасность протекания электрохимических процессов. Задача стабилизации давлений анодного газа на выходе из электролизеров сводится к задаче поддержания давления газа в общем коллекторе на заданном уровне.

Описание технологической схемы

Структурная схема транспортировки анодного газа в упрощенном виде представлена на рис. 1.

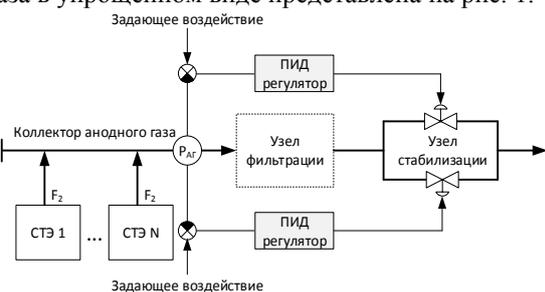


Рис. 1. Структурная схема транспортировки анодного газа

Из общего коллектора анодный газ по трубопроводу поступает на узел фильтрации для очистки от нежелательных примесей. После очистки газ поступает на узел стабилизации давления, состоящий из двух параллельно расположенных регулирующих клапанов с мембранным исполнительным механизмом. Управление клапаном осуществляется системой автоматического управления (САУ) по ПИД-закону на основании рассогласования задающего воздействия и измеренного давления в общем анодном коллекторе ($P_{AГ}$). В управлении давлением одновременно участвуют два клапана. После узла стабилизации давления анодный газ поступает на узел передачи анодного газа потребителям.

Из анализа производственных данных (рис. 2) можно увидеть, что во время снижения или повышения токовой нагрузки на электролизеры происходят существенные изменения давления анодного газа в общем коллекторе, иногда давление достигает критических значений.



Рис. 2. График работы узла стабилизации анодного газа

Таким образом, существующая САУ при сильных внешних возмущениях не справляется с задачей стабилизации давления анодного газа и нуждается как в параметрической, так и структурной модернизации.

Составление математической модели объекта

Математическая модель узла стабилизации составлялась с использованием программного комплекса Matlab Simulink. Математическая модель объекта (1) определена эмпирическим путем по графикам переходных процессов, полученных в разомкнутом контуре управления как при номинальной токовой нагрузке на электролизерах, так и на пониженной.

$$W_o(s) = \frac{0.0075}{17s + 1} \quad (1)$$

Так же на основании результатов проведенных экспериментов, в части реакции узла стабилизации давления на изменение токовой нагрузки, была составлена математическая модель (2), описывающая зависимость давления от токовой нагрузки при изменении последней.

$$W_o(s) = \frac{0.013}{8 \cdot s + 1} \quad (2)$$

Адекватность итоговой модели доказана путем сравнения производственных данных и результатов моделирования (величина приведенного среднего квадратического отклонения давления, рассчитанного на модели, от давления, измеренного в производстве, составила 1,9%).

Параметрический синтез регулятора

Рассмотрев различные варианты стратегий стабилизации давления анодного газа в общем коллекторе было решено разработать и испытать комбинированную систему автоматического управления,

объединяющую контур стабилизации и контур компенсации[3]. Схема комбинированной САУ представлена на рис. 3.

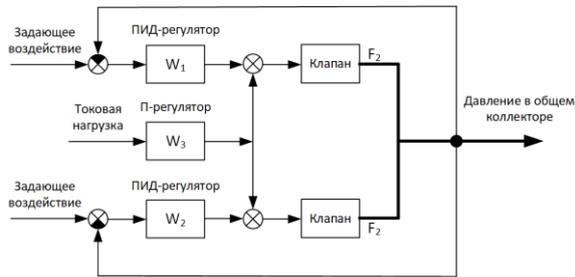


Рис. 3. Структурная схема транспортировки анодного газа

Управляющее воздействия на клапана узла стабилизации давления анодного газа формируется путем суммирования выходных сигналов контуров стабилизации и компенсации. В контуре стабилизации применен ПИД-регулятор, а в качестве контура компенсации использован П-регулятор, формирующий выходной сигнал путем умножения измеренной токовой нагрузки на коэффициент усиления. Параметры ПИД-регулятора рассчитывались по методу оптимального модуля[4]. Передаточная функция ПИД-регулятора представлена выражением (3)[3].

$$W_R(s) = 250 + 250 \frac{1}{15 \cdot s} + 250 \cdot 2 \cdot s \quad (3)$$

Коэффициент усиления П-регулятора контура компенсации рассчитывался на основании принципа абсолютной инвариантности САУ к возмущению путем отношения минус коэффициент передачи по каналу возмущения к коэффициенту передачи по каналу управления, затем корректировался в процессе моделирования реакции САУ на изменение токовой нагрузки в Matlab Simulink. Наилучший эффект от компенсации изменения токовой нагрузки достигается при коэффициенте усиления П-регулятора контура компенсации равном 2.

Производственные испытания

В связи с положительными результатами моделирования комбинированной системы управления давлением анодного газа было принято решение внедрить разработанную систему в действующее производство, путем доработки программного обеспечения промышленного контроллера, функционирующего в АСУ ТП производства технического фтора. Результаты испытаний модернизированной САУ в действующем производстве приведены на рис. 4.

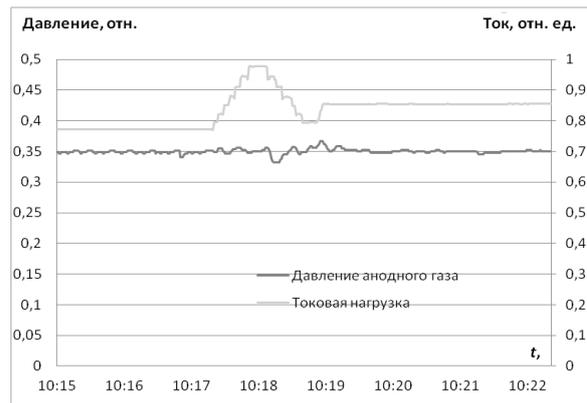


Рис. 4. Результаты испытаний

Из графика видно, что отклонение давления от задающего воздействия при изменении токовой нагрузки не превысило 6 %, а величина приведенного среднего квадратического отклонения давления от задающего воздействия составила порядка 1 %.

Заключение

В результате проведенной работы, используя программный продукт Matlab Simulink, составлена математическая модель рассматриваемого объекта управления и смоделированы реакции различных САУ на возмущения, вызванные изменением токовой нагрузки на электролизерах. Разработана и успешно испытана комбинированная система автоматического управления, объединяющая контур стабилизации и контур компенсации. Обоснована и доказана эффективность управления давлением анодного газа в общем коллекторе разработанной комбинированной системой.

Список использованных источников

1. Андреев, Г. Г. Фторидные технологии в производстве ядерного топлива [Текст] : монография / Г. Г. Андреев, А. Н. Дьяченко. – Томск : Изд-во Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 152 с. : ил.
2. Галкин, Н. П. Технология урана [Текст] / Н. П. Галкин, Б. Н. Сударников, У. Д. Верятин. – М. : Атомиздат, 1964. – 310 с. : ил.
3. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2019. – 312 с.
4. Гурецкий, Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием [Текст] / Х. Гурецкий ; перевод с польского А. Н. Дмитриев. – М. : Машиностроение, 1974. – 328 с.