

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОМ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА

Шахматов Е.В., Илюхин В.Н., Мезенцев Д.А.  
Самарский университет, г. Самара, curicum@mail.ru

*Ключевые слова: регулятор давления газа, динамика системы управления.*

Наиболее важным поддерживаемым параметром системы управления регулятора давления газа является поддержание требуемого потребителю давления, следовательно, особое внимание необходимо уделять улучшению параметров, влияющих на качество регулирования – точность и быстродействие. Требуемое давление на входе потребителю должно соответствовать установленному (115 бар абс) с погрешностью +0,2 бар. Диапазон рабочих расходов до 0,05 кг/с.

Основой для разрабатываемой модели дискретного регулятора давления газа являются работы, созданные ранее в Самарском университете в рамках магистерских выпускных квалификационных работ и диссертаций кандидатов технических наук [1, 2]. Далее рассмотрим их подробнее, а также нововведения, внесенные в рамках данной работы.

Повышения точности регулирования системы можно добиться из оптимального соотношения количества дискретных клапанов  $2/2$ . В качестве функциональной зависимости площадей клапанов ниже используются несколько вариантов: все клапаны одинакового сечения (1, 1, 1, 1...), числовые последовательности двоичного кода (1, 2, 4, 8, 16...) и последовательность Фибоначчи (1, 1, 3, 5, 8, 13...).

1) Основные допущения, принимаемые при моделировании.

При составлении расчетных моделей регулятора были приняты следующие допущения:

- корпус регулятора неподвижен (переносное ускорение отсутствует, регулирующий орган участвует лишь в возвратно-поступательном движении относительно корпуса);
- механические перемещения регулирующих органов между крайними положениями происходят мгновенно, нахождение во взвешенном состоянии отсутствует;
- рабочее тело – идеальный газ;
- давление и температура на входе регулятора постоянны;
- параметры газа внутри регулятора являются сосредоточенными;
- теплообмен между газом и стенками корпуса агрегата отсутствует;
- процесс дросселирования адиабатический, потери энергии учитываются при помощи коэффициента расхода;
- клапаны открываются одновременно;
- состояние газа в баке изменяется по адиабатическому закону.

Такие упрощения являются общепринятыми при расчете элементов пневмоавтоматики, как в линейной, так и в нелинейной постановке.

Моделирование процессов в дискретном регуляторе давления проводится с использованием программы Simulink Version 9.5.0 (R18) программного комплекса Matlab. Ввод в программе Simulink характеристик исследуемых систем производится в диалоговом режиме путем графической сборки схемы соединений стандартных звеньев. В результате такой сборки образуется модель исследуемой системы.

В качестве запорной арматуры в системе выступает дроссель, установленный на выходе из ёмкости. С помощью полученной математической модели регулятора давления газа проводится моделирование газодинамических процессов в регуляторах давления с использованием пакета Simulink, исследование влияние проходных сечений, задержек и числа клапанов, на статические и динамические характеристики регуляторов давления газа.

В составе блока дискретных клапанов так же находится вычисление погрешности регулирования как разница между давлением установки и давлением РЗ. Значение функции погрешности принимаются регулятором, значения которого попадают в цифровой блок управления.

С помощью разработанной модели в программе Simulink проводится исследование регулятора давления газа с учетом влияния сил сухого трения.

При единичном алгоритме приходится задействовать большое количество клапанов, что конструктивно недопустимо. Кроме данного кодирования были также проанализированы кодировки весовыми коэффициентами по двоичной системе и ряду Фибоначчи.

Чтобы оценить различие в типах кодирования, необходимо отбросить регулятор, подать рампу на задающее устройство и обеспечить максимальный перепад давлений на входе и выходе.

После преобразования модели и ее запуска можно наблюдать картину различия кодировок между собой, скачки, возникающие из-за того, что клапаны закрываются быстрее, чем открываются.

При открытии больших клапанов происходят большие скачки, причем при кодировании рядом Фибоначчи наблюдаются скачки меньшего размера, что объяснимо большими возможностями комбинаторики, – сменой больших разрядов изменением лишь младшего разряда.

Для модели, в основе которой лежит единичное кодирование, скачков в расходе при переходном процессе не наблюдается, так как большее число клапанов позволяют открывать каждый из них по одному, но возможность использования данной функциональной зависимости ограничена конструктивными возможностями, так как используются, например, в данном случае, 15 клапанов.

Модели, в основу которых положены двоичная последовательность и последовательность Фибоначчи, обладают пиками. Можно сказать, что если конструкция позволяет использовать не 5, а 7 электропневматических клапанов, то оптимумом можно назвать систему, в основе которой лежит последовательность Фибоначчи.

В результате анализа трех функциональных зависимостей, включающих ряд Фибоначчи, бинарную кодировку и единичный ряд, наибольшие забросы по расходу выявлены в двоичной кодировке, наименьшие – в единичном ряде, однако в последнем используется конструктивно большее количество клапанов, поэтому наиболее оптимальной функциональной зависимостью является ряд Фибоначчи, который в дальнейшем и лег в основу разрабатываемого нового алгоритма управления дискретным регулятором давления газа.

### **Список литературы**

1. Илюхин В.Н. Динамика регуляторов давления газораспределительных станций: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2006. 145 с.
2. Грешняков П.И. Разработка и исследование дискретного пневматического регулятора давления с цифровым управлением. Выпускная квалификационная работа магистра (магистерская диссертация), 2012. 124 с.
3. Многофункциональная система управления потоком газа на основе дискретного клапана дросселя (ДКД). Техническое описание, инструкция по эксплуатации. Москва, 2011. 36 с.
4. Единая система газоснабжения России [Электронный ресурс]. // gazprom.ru: сайт ПАО «Газпром». URL: <http://www.gazprom.ru/about/production/transportation/> (Дата обращения: 01.04.19).

### **Сведения об авторах**

Шахматов Евгений Владимирович, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий каф. автоматических систем энергетических установок. Область научных интересов: динамика и виброакустика машин, приборов и аппаратуры.

Илюхин Владимир Николаевич, канд. техн. наук, доцент каф. автоматических систем энергетических установок. Область научных интересов: динамика объектов регулирования газа, робототехника.

Мезенцев Дмитрий Александрович, аспирант Самарского университета. Область научных интересов: динамика объектов регулирования газа, робототехника.

## **GAS PRESSURE REGULATOR CONTROL SYSTEM**

Shakhmatov E.V., Iluhin V.N., Mezentsev D.A.  
Samara National Research University, Samara, Russia, curucum@mail.ru

*Keywords: gas pressure regulator, dynamics of the control system.*

Due to increase in gas transportation scopes, the requirements for gas pressure regulators, such as accuracy, speed, transition time, etc., are also increasing. This article suggests ways to solve the problem of gas pressure regulation accuracy increase by using new discrete pressure regulators. In this connection, various control algorithms for discrete gas pressure regulators, transients occurring during flow throttling are considered. The analysis of the existing analog and digital controllers showed that there's a need to create a controller that combines the advantages of a discrete and analog controller both. The article suggests ways to improve gas pressure control systems in natural gas transportation facilities by developing a mathematical model of a discrete pressure regulator for the main gas pipeline, working according to the pressure value with a predetermined transition from one mode to another.