

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМИ РАСХОДАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАПИЛЛЯРНОГО РАСХОДОМЕРА И ПЛК

Смирнов Н.П.¹, Сумин Г.В.², Надеждин И.С.³, Денисевич А.А.⁴

¹ ТПУ, ИЯТШ, гр. 0701, e-mail: nps7@tpu.ru

² ТПУ, ИЯТШ, инженер-проектировщик НОЛ ЭАФУ, e-mail: gvs9@tpu.ru

³ ТПУ, ИЯТШ, доцент ОЯТЦ, e-mail: kun9@tpu.ru

⁴ ТПУ, ИЯТШ, ассистент ОЯТЦ, e-mail: DenisevichAA@tpu.ru

Введение

В настоящее время происходит активное развитие технологий, направленных на замыкание ядерного топливного цикла (ЗЯТЦ). Одной из проблем, требующих решения, является дозирование малых расходов технологических растворов из промежуточных (демпфирующих) емкостей с помощью перистальтических насосов. Ввиду агрессивности среды и постоянных механических воздействий, трубки насоса пластично деформируются, что приводит к искажению расходной характеристики. Для этого необходимо измерять расход на выходе насоса, однако существующие средства измерения не приспособлены для работы в условиях высокой радиационной и химической активности. Разработка прибора способного проводить измерение в описанных условиях позволит создать автоматическую систему управления расходом, которая обеспечит точное дозирование и позволит обеспечить безопасность протекания технологических процессов.

На базе Передовой инженерной школы ТПУ создан лабораторный стенд для разработки и исследования специальных приборов контроля технологических переменных с целью развития отечественных измерительных технологий и замещения импортных аналогов.

Исследования системы управления малыми расходами

Одним из исследуемых приборов контроля является система измерения малых расходов на основе капиллярного расходомера [1, 2]. Принцип работы данной системы заключается в измерении, с помощью датчика дифференциального давления, перепада давления, возникающего при протекании жидкости через капиллярную трубку, скрученную в спираль [3]. Капилляр подключен к датчику с помощью сигнальных линий, заполненных разделительной средой. Считывание данных и управление системой осуществляется с помощью программируемого логического контроллера (ПЛК), с применением интерфейса RS-485 по протоколу Modbus RTU.

Данный метод измерения позволяет проводить измерение расхода агрессивных и радиоактивных жидкостей. Периодическая прокачка разделительной жидкости через сигнальные линии позволяет снизить вероятность попадания технологического раствора в камеры датчика, что может существенно увеличить его срок эксплуатации.

В рамках проведённых исследований было установлено, что зависимость перепада давления на капиллярном расходомере линейно зависит от вязкости жидкости, протекающей через него. Следовательно, при изменении вязкостных свойств жидкости, изменяется и перепад давления на концах капилляра. Это изменение давления требуется учитывать для поддержания корректности показаний расхода. Так как вязкость технологических растворов зависит от их плотности, то предлагается совместное использование системы измерения малых расходов с системой измерения плотности, с целью корректировки показаний расхода, которое можно осуществить на программном уровне с помощью ПЛК. Измерение плотности также позволит определять качественный состав (концентрацию) раствора, что позволит улучшить условия соблюдения ядерной безопасности. Структурная схема описанной установки измерения плотности и расхода представлена на рис. 1.

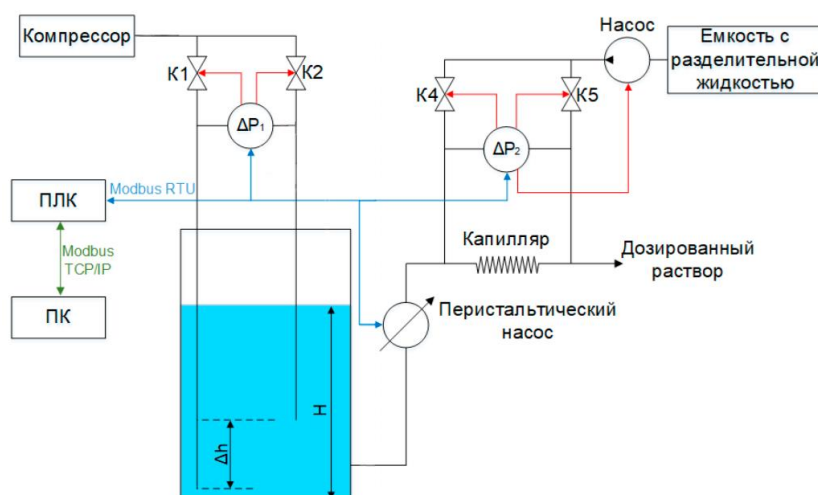


Рис. 1. Структурная схема системы управления малыми расходами

Определение плотности технологического раствора осуществляется с помощью датчиков дифференциального давления путём измерения перепада давления между измерительными шупами, выводы которых расположены на определённом расстоянии друг от друга. Через измерительные камеры датчика дифференциального давления периодически прокачивается газ для предотвращения попадания в них технологического раствора. Плотность жидкости ρ рассчитывается (1) по измеренному перепаду давления ΔP_1 :

$$\rho = \frac{\Delta P_1}{g \cdot \Delta H_1}, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, ΔH_1 – расстояние между выводами капилляров.

Применение датчиков давления, связанных с ПЛК по интерфейсу RS-485, позволяет автоматизировать процесс сбора данных от датчиков и коррекции показаний расхода.

Заключение

Внедрение данной системы позволит производить измерение малых расходов агрессивных и радиоактивных жидкостей, а корректировка показаний расхода, которая производится при изменении вязкостных свойств технологических растворов, позволяет повысить безопасность протекания процессов ядерного топливного цикла. Преимуществом данной системы перед существующими является отсутствие прямого контакта измерительных приборов с агрессивной средой, которая существенно снижает срок их эксплуатации.

Исследование выполнено в рамках федерального проекта «Передовые инженерные школы», научный проект «Разработка и внедрение алгоритмов и систем автоматизированного управления технологическими процессами», ПИШ-НИР-2023-005.

Список использованных источников

1. Монахов В.И. Измерение расхода и количества жидкости, газа и пара. М.– Л., Госэнергоиздат, 1962, 128 с
2. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества : справочник / П.П. Кремлевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение, 1989. – 409 с
3. Бирюков Б.В. Точные измерения расхода жидкостей / Бирюков Б.В., Данилов М.А., Кивилис С.С. – Москва : 1977. – 144 с