

# АВТОМАТИЧЕСКАЯ КАЛИБРОВКА ИЗМЕРИТЕЛЯ ПРОТЕЧЕК ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

Д. А. Гринюк, И. О. Оробей, И. Г. Сухорукова

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Республика Беларусь  
E-mail: hryniuk@tut.by

*Представляется метод измерения величины протечек на линии высокого давления на дифференциальной схеме. Дифференциальная схема строится путем установки промежуточного электронного клапана, который приводит к образованию двух объемов. Объем свободного пространства между промежуточным клапаном и тестируемой арматурой измерялся путем нахождения перепада давления промежуточным клапаном после симметричного одномоментного воздействия на объемы до и после промежуточного клапана. Для проверки работоспособности метода была разработана специальная лабораторная установка и проведены испытания. В качестве источников теплового воздействия использовались инфракрасные светодиоды. Чувствительность дифференциального преобразователя лабораторной установки не позволила подтвердить расчетные значения.*

## ВВЕДЕНИЕ

Существует большое разнообразие различных методов испытаний на герметичность [1-3]. Наибольшее применение для контроля запорной арматуры нашел метод оценки путем контроля давления или подсчета количества пузырьков. Энергетические, экологические, социальные и технологические аспекты диктуют для современных производств повышение требований к точности оценки герметичности.

### I. МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ИЗМЕРЕНИЯ

Задача испытаний состоит в экспериментальной проверке объекта при действии или моделировании эксплуатационных нагрузок, возникающих внутри трубопровода. Согласно ГОСТ 9544–2005 [4], испытания ведутся при нормальной температуре с соблюдением условий безопасности. Установив давление, равное испытательному, объект подвергают избыточному давлению на регламентированное время. С учетом технических требований авторами был разработан ряд приборов [5]. Из этого ряда наиболее используемым является прибор на линии высокого давления. Устройство работает следующим образом. Регулятором устанавливается необходимое давление испытания, после чего отслеживается градиент изменения давления в объеме  $V_1$ , возникающий из-за протечек в вентиле. Высокая чувствительность обеспечивается при точном определении объема  $V_1$  в линии высокого давления. Расчетное значение протечки  $V_0$  за время  $\Delta t$  находится путем анализа дрейфа начального давления в объеме  $P_1$  и пересчете на номинальные условия. Поскольку  $V_1$  напрямую влияет на точность метода, а запорная арматура имеет сложную геометрию и большое разнообразие, то метод претерпел доработку. Повысить чувствительность можно путем определения объема  $V_1$  при каждом тестировании запорной арматуры.

Для этого используем симметричное (или компенсационное) детерминированное активное воздействие на два объема  $V_1$  и  $V_2$  с определенным заранее  $V_1$ . Динамическое управление клапаном ОКЕ в процессе испытания вместе с дифференциальным датчиком перепада давления позволяет получить существенный выигрыш в чувствительности по сравнению с использованием анализа тренда  $\Delta P$  датчика избыточного давления за счет прямого измерения  $\Delta P$  отдельным измерительным прибором с более узким диапазоном измерения. Работа схемы предполагает установку необходимого тестируемого давления по датчику входного давления при открытом клапане между дополнительной емкостью и тестируемым объемом (ОКЕ). После чего происходит закрытие входного клапана. С началом тестирования осуществляется закрытие клапана ОКЕ. В случае резкого увеличения перепада давления при некотором значении происходит уравнивание давлений и повторное закрытие клапана ОКЕ. Данная процедура может быть повторена несколько раз в течение одного цикла процесса диагностики запорной арматуры. Для пересчета спада давления в величину протечки через объем свободного пространства между клапаном и запорной арматуры предлагается в начале измерения осуществить синхронное воздействие на объемы  $V_1$  и  $V_2$ . Возникший импульс перепада давления на закрытом клапане ОКЕ будет пропорционален разности в объемах. Чувствительность датчика можно выбирать максимальной, исходя из минимальных протечек, которые будут контролироваться на данном стенде испытания. Если сигнал с датчика перепада давления будет достигать максимального значения, можно будет снова уравнивать давления в областях  $V_1$  и  $V_2$  путем открытия клапана ОКЕ, а затем снова его закрыть и фиксировать перепад давления. Тем самым будет осуществляться преобразование пе-

репада давления в интервал времени, который обладает интегральной характеристикой протечки и фиксируется с большей точностью современными измерительными средствами, построенными на микропроцессорах. Поскольку для интерпретации перепада давления в величину протечки следует знать точное значение объема воздуха  $V_1$ , то предлагается для его определения использовать активную схему определения. Наилучшим решением для этого будет одновременное незначительное механическое изменение объемов до и после клапанов с помощью электродвигателей через редукторы. Давление на закрытом клапане будет изменяться пропорционально в зависимости от отличий объемов. Для исключения переходных явлений изменять объемы до и после клапана можно по рассчитанным законам с плавным изменением и временными выдержками для устранения влияния переходных процессов, как это делается у электромагнитных расходомеров для противодействия трансформаторной ЭДС [6]. Возможна и компенсационная схема перепада давления в скользящем режиме за счет изменений объемов и пересчет в протечку за счет энкодоров на валах двигателей. Данное решение обладает возможностями варьирования алгоритмов движения для обеспечения высокой точности измерения. Одним из самых простых воздействий является тепловое воздействие на воздух. Его можно осуществить нагревателями или мощными инфракрасными диодами. Принимая ряд допущений по идеализации процесса теплообмена, с использованием уравнений Менделеева – Клапейрона и второго закона Гей – Люссака были проведены расчеты требуемой мощности для стенда испытаний, исходя из условия не повышать температуру выше  $1^\circ\text{C}$  и максимальной длительности 5 с.

## II. ЭКСПЕРИМЕНТ

Для проверки выдвинутых предположений был собран лабораторный стенд. В качестве средств измерения служил датчик перепада давления Arlisens с максимальным перепадом давления 10 кПа и датчиком избыточного давления Endress+Hauser Cerabar M с диапазоном 0–200 кПа. Конструкция была собрана из набора сантехнических металлических элементов. В качестве клапанов использовались электромагнитные клапаны SMC с технологией «no leak». Меньший объем имел значение около 0,091 л. Объем пространства менялся за счет смены металлопластиковых труб различной длины. Регистрация сигналов и управление клапанов осуществлялась с помощью контроллера Vira 200. Модуль аналогового ввода с 12-bit АЦП

на входе. Младшему значащему разряду соответствовало 4,88 Па для дифференциального датчика и 97,65 Па для датчика избыточного давления. Давление во время испытаний устанавливалось близкое к предельному значению датчика избыточного давления 200 кПа. В качестве нагревателей использовались по три инфракрасных диода IR LED F5 при токе 30 мА, которые обеспечивали выделение мощности 0,135 Вт. Данной небольшой мощности нагревателя и слабой чувствительности измерительного преобразователя оказалось достаточно для обнаружения отклонения на несколько младших значащих разрядов входного АЦП контроллера при 5 секундном воздействии. Время релаксации теплового состояния не превышало 15 с. Для разработки практических рекомендаций требуется увеличить чувствительность дифференциального преобразователя.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные алгоритмы по повышению чувствительности дифференциального метода на линии высокого давления за счет активного воздействия позволяют повысить чувствительность установок испытания запорной арматуры на величину протечек. Для реализации данного алгоритма на существующих установках стендовых испытаний можно обойтись серийными приборами выпускаемыми для автоматизации и управления.

1. Сухорукова, И. Г. Анализ методов измерения герметичности конструкций для автоматического испытания запорной арматуры /И. Г. Сухорукова // Труды БГТУ. – Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2009. – Вып. XVII. – С. 125–129.
2. Leak rate measuring device: pat. 7331216 USA, G01M 3/20 (20060101) / L. Gerdau, R. Rolff, R. Kilian; Assignee Inficon GmbH. № 10/558,164; filed 19.01.2008. Mode of access: <http://patft.uspto.gov/> – Date of access: 25.01.2015.
3. System and method for utility metering and leak detection: pat. 7412876 USA, IPC (20060101) G01M 3/02 (20060101) / L. Kates; Assignee Corona Del Mar. № 11/761760; filed 19.08.2008. Mode of access: <http://patft.uspto.gov/> – Date of access: 25.01.2015.
4. Арматура трубопроводная запорная. Классы и нормы герметичности затворов: ГОСТ 9544–2005. Введ. 04.01.08. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2008. – 14 с.
5. Гринюк Д. А. Приборы измерения утечек запорной арматуры /Д. А. Гринюк, И. О. Оробей, И. Г. Сухорукова// Материалы, технологии, инструменты. – 2009. – № 4. – С. 107–111.
6. Гринюк Д. А. Оптимизация параметров алгоритма измерения для электромагнитного расходомера /Д. А. Гринюк, И. О. Оробей, И. Г. Сухорукова// Труды БГТУ. – Сер. VI. Физ.-мат. науки и информ. – 2006. – Вып. XIV. – С. 112–114.