

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ СБРОСНОГО КЛАПАНА В ПУНКТАХ РЕДУЦИРОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Г.Ю. Царьков (АО «Газпром газораспределение Тула»), М.В. Панарин (ООО «СервисСофт», В.М. Панарин, А.А. Маслова, П.Г. Алексева (ФГБОУ ВО «Тулский государственный университет»)

Представлены результаты, полученные при установке нейрокомпьютера на пунктах редуцирования природного газа для определения момента срабатывания предельного сбросного клапана с целью предупреждения работы оборудования на граничных значениях параметров, накопления базы обучающейся нейросети и минимизации выбросов в атмосферу¹.

Ключевые слова: нейрокомпьютер, предельный сбросной клапан, пункт редуцирования газа, телеметрия, выбросы природного газа в атмосферу.

Введение

Проведение работ по обработке и систематизации информации, поступающей от систем мониторинга и контроля параметров работы оборудования, установленного на сетях газораспределения и газопотребления, аналитика технологических процессов и классификация событий при возникновении нештатных ситуаций позволяют в значительной степени повысить надежность эксплуатации газовых сетей, обеспечить бесперебойное и безаварийное газоснабжение потребителей, а также способствуют улучшению экологической и экономической составляющей региона.

В настоящее время значительное число газораспределительного оборудования оснащено системами телеметрии для контроля параметров и передачи данных на пульт диспетчера. На данный момент для повышения безопасности и эффективности работы в АО «Газпром газораспределения Тула» внедрен программно-аппаратный комплекс сбора, передачи и обработки больших объемов данных от территориально распределенного газораспределительного оборудования с помощью нейросетевых технологий, что обеспечивает:

- сбор и анализ многопараметрических данных работы оборудования в режиме реального времени с фиксацией выходных характеристик в автономном режиме;
- передачу данных по технологии промышленного Internet в режиме реального времени;
- классификацию технологических событий работы оборудования газораспределительной организации;
- прогноз и вероятностную оценку проявления нештатных и аварийных ситуаций в работе оборудования сетей газораспределения в режиме реального времени;
- поддержку принятия управленческих решений в нештатных и аварийных ситуациях работы оборудования на основе спрогнозированных данных в режиме реального времени.

Решения, приведенные в данной статье, являются продолжением большой работы по внедрению с 2005 г. систем телеметрии на объектах газораспределения и газопотребления АО «Газпром

газораспределения Тула». Нейросетевые технологии стали актуальными для обработки существующих больших массивов накопленных данных и повышения эффективности работы программно-аппаратного комплекса [1].

Предлагается дополнить информативную базу систем телеметрии данными о сбросах природного газа в атмосферу через предохранительные сбросные клапаны (ПСК). При этом обеспечивается безопасность при превышении предельных значений давления газа в газораспределительной системе, однако сброс в атмосферу приводит к дополнительным потерям газа и загрязнению атмосферного воздуха метаном (экологический ущерб).

Выпускаемые современной промышленностью и установленные на объектах газораспределения ПСК не имеют датчика срабатывания, что затрудняет мониторинг их состояния и работоспособности. Зачастую из-за неисправности ПСК сброс газа становится постоянным и обнаруживается при обнаружении специфического запаха или при очередном обходе сотрудниками объектов газораспределения. Это явление характерно для всех газораспределительных организаций как в нашей стране, так и за рубежом. Однако типового решения данной задачи до настоящего времени не предложено.

В тоже время мониторинг ПСК даст возможность точно рассчитать технологические потери газа, которые в настоящее время принимаются на основе среднестатистических данных расбаланса потерь, удаленно контролировать работоспособность ПСК, своевременно

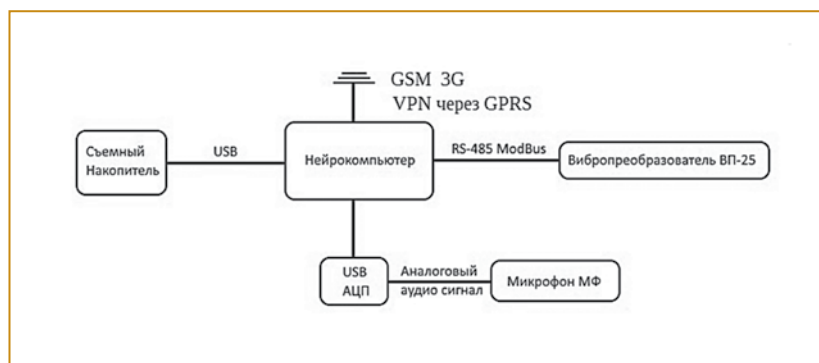


Рис. 1. Структурная схема подключения оборудования

¹ Данные исследования проводились и финансировались в рамках гранта правительства Тульской области в сфере науки и техники 2020 г.



Рис. 2. Установка оборудования на ПСК и сбросной свече

принимать меры по минимизации сброса природного газа [2].

Для решения этой задачи предлагается в программно-аппаратный комплекс сбора, передачи и обработки больших объемов данных от территориально распределенного газораспределительного оборудования ввести блок учета технологических потерь газа при срабатывании ПСК, базирующийся на применении нейросетевых технологий. Цель - своевременное обнаружение нештатных и аварийных ситуаций и применение управляющих воздействий для нормализации состояния объекта, уменьшение технологических потерь при обосновании расчетов с газоснабжающими организациями и снижение экологического воздействия на атмосферный воздух.

Блок учета технологических потерь газа при срабатывании ПСК содержит аппаратную и программную части. Аппаратная часть содержит нейрокомпьютер, представляющий собой промышленный вариант, произведенный на базе одноплатной архитектуры Raspberry P предприятием ООО «СервисСофт».

Нейрокомпьютер устанавливается непосредственно на объекте газораспределения и работает в двух режимах. В режиме сбора данных для фиксации точного времени открытия ПСК на объекте газораспределения на выходе сбросной свечи дополнительно устанавливается прибор контроля загазованности, а также вибрационный и акустический датчики. Данные прибора контроля загазованности и датчиков совместно с данными давления газа записываются в память нейрокомпьютера в течение нескольких дней. В результате формируется массив данных во времени. Этот массив по сети GSM передается на мощный сервер для формирования и обучения нейронной сети по полученным данным. В процессе обучения нейронной сети происходит определение условий, при которых происходит срабатывание ПСК. Параметры обученной на сервере нейронной сети по GSM передаются в нейрокомпьютер, установленный на объекте газораспределения.

В режиме работы нейрокомпьютер считывает исходные данные работы оборудования и пропускает через ранее обученную нейронную сеть. В результате нейронная сеть контролирует работу ПСК. При выявлении неисправностей нейрокомпьютер по GSM передает данные в диспетчерский пункт газораспределительной организации.

Программная часть содержит программный модуль обучения нейронной сети, реализованный на достаточно мощном сервере, и программный модуль обученной сети (коэффициенты и связи), загружаемый в нейрокомпьютер.

Структурная схема подключения оборудования к нейрокомпьютеру приведена на рис. 1.

Рассмотрим структуру нейрокомпьютера для данной задачи и его основные характеристики.

Нейрокомпьютер произведен на одноплатной архитектуре Raspberry P, реализованной на 64-битном 4-ядерном процессоре ARM Cortex-A53 на однокристалльном чипе Broadcom BCM2837 с тактовой частотой 1,2 ГГц. Нейрокомпьютер оснащен оперативной памятью 1ГБ LPDDR2 SDRAM; USB портами 2.0×4; Wi-Fi - 802.11n; Ethernet: 10/100 Мб RJ45; и картой памяти MicroSD. На борту предусмотрено 40 портов ввода/вывода.

Каналы связи (возможные варианты обработки и передачи информации):

- связь с верхним уровнем – TCP;
- на контрольных объектах использовано VPN-соединение через 3G;
- возможен вариант без каналов связи: автономная работа устройства с записью промежуточных результатов на присоединенный носитель.

Результаты испытаний блока учета технологических потерь газа при срабатывании ПСК на газораспределительном пункте ГПП № 32 АО «Газпром газораспределения Тула»

Произведены работы по установке акустического и вибрационного датчика, а также датчика загазованности ИГМ на ПСК контрольного объекта с целью выявления применимости нейросетевой аналитики для возможности определения порогов сброса через ПСК в режиме реального времени.

Датчик акустики (микрофон специального исполнения), вибрации, прибор измерения загазованности ИГМ-4 и манометр давления газа были подключены непосредственно к нейрокомпьютеру. Массив данных передавался в программный модуль «Монитор телеметрии», установленный на пульте диспетчера и входящий в программно-аппаратный комплекс сбора, передачи и обработки больших объемов данных, разработанный ранее ООО «СервисСофт» и внедренный в АО «Газпром газораспределения Тула».

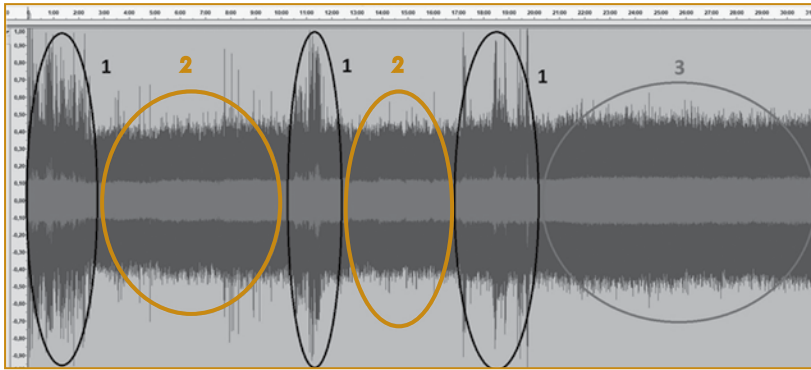


Рис. 3. Фрагмент аудиозаписи, где 1 - речь наладчиков в процессе испытаний, 2 - тестовые сбросы через ПСК, 3 - стандартный шумовой фон после завершения работ

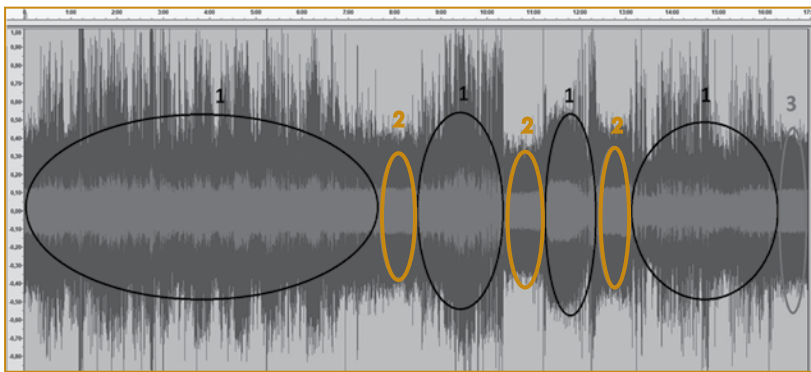


Рис. 4. Аудиограмма записи 2

Данные датчика акустики записывались микрофоном в файлы .wav непосредственно в память нейрокомпьютера для дальнейшего разбора на мощном сервере средствами специализированных библиотек librosa и PyAudio в программной среде Python 3.

На рис. 2 приведена фотография установки оборудования нейрокомпьютера на газораспределительном пункте ГРП № 32 АО «Газпром газораспределения Тула» [6-8].

Были произведены синхронные записи параметров загазованности в результате срабатывания ПСК, давления, значения вибро- и аудиопараметров. Аудиозапись с микрофона в процессе контрольной проверки сброса газа через ПСК проводилась на частоте 8 кГц. Предварительный анализ показал, что аудиозапись является наиболее информативной при мониторинге состояния ПСК.

На рис. 3 показан наиболее фрагмент аудиозаписи в течение 30 мин, на котором обозначены периоды речи наладчиков и звуковых проявлений монтажа, а также контрольный период сброса газа через ПСК.

Предварительный анализ данных показал, что существуют характерные различия аудиограммы при обычном звуковом фоне работы газораспределительного пункта и на фрагментах контрольного сброса через ПСК.

Следующей частью экспериментальных исследований было предусмотрено проведение трех

контрольных сбросов газа через ПСК в четко фиксированные периоды (примерно по 1 мин) в трех местах расположения микрофона (в районе обода ПСК, седла ПСК и на сбросной свече в непосредственной близости с ПСК).

Общее время записи составило так же, как и предыдущее исследование - 2 ч на частоте 8 КГц, наиболее полезный участок записи — 20 мин в аналогичных условиях. На рис. 4 представлена аудиограмма наиболее полезного участка записи с разбором периодов (условные обозначения те же, что и на рис. 3).

По итогам записи был проведен первичный разбор данных на значимые параметры с подготовкой их на вход классификационной нейросети, составлены размеченные наборы данных, проведено сравнение с типовым (фоновым) режимом аудиоданных на сопоставимом по времени участком записи в отсутствие персонала на ГРП при закрытом ПСК.

На основании проведенной работы и сопоставления спектрограмм контрольных периодов записи фоновых шумов, тестовых аудиозаписей при различных расположениях датчиков на ПСК, а также сопоставления мел-

кепстральных характеристик записи сделаны следующие выводы.

1. Датчики ИГМ и вибродатчик пока малоинформативны в задачах анализа срабатывания ПСК. Датчик ИГМ показывал хаотические значения, требуется проанализировать возможность монтажа для фиксации сбросов, так как немаловажную роль кроме чувствительности оказывают и погодные условия. Вибродатчик слабо реагирует при сбросах при имеющейся частоте приема данных, его целесообразнее использовать в задаче выявления повышения нагрузки на регулятор.

2. Анализ высокочастотных данных микрофона показывает, что имеются стабильные показатели сброса газа, по крайней мере, по трем частотным полосам мелкепстральных характеристик. Это позволяет с уверенностью говорить о принципиальной применимости метода анализа аудиоданных в задачах диагностики сбросов через ПСК в режиме реального времени.

3. Наиболее эффективным для определения сбросов (по предварительному анализу данных) представляется монтаж микрофона на сбросной свече в непосредственной близости с ПСК

Общий вывод

Постановка задачи построения и отладки классификационной нейросети по аудиоданным представляется целесообразной. Решение задачи можно ускорить

за счет подключения датчика ИГМ с условием полной функциональности (требуется проработка монтажного решения), а также проведением дополнительных экспериментов (с открытием ПСК по различным уровням открытия) на контрольном объекте.

Все данные, полученные при проведении исследований, полезны для использования нейросетью, осуществляющей контроль и анализ телеметрических данных работы оборудования на сетях газораспределения и газопотребления. На восьми объектах из 20, оснащенных нейрокомпьютерами, в отдельно взятой районной эксплуатационной газовой службе были зафиксированы периодически повторяющиеся сбросы газа в атмосферу.

Нейросеть дает глубокую оценку фактических режимов газопотребления и рекомендации по расширению диапазона срабатывания запорной арматуры в границах допустимых.

Настройки предельно-запорной арматуры проведены в соответствии с рабочими параметрами газовых сетей и расчетными режимами газопотребления на основании скорректированных режимных карт.

Проведенный анализ параметров работы объекта, предшествующих данным событиям, позволил подобрать актуальные настройки предохранительной арматуры и минимизировать технологические потери.

В подтверждение выбранного направления в 2021 г. вместо предыдущего введен ГОСТ 34670-2020 «Системы газораспределения. Пункты редуцирования газа», где расширены диапазоны допустимых давлений сетей среднего и низкого давлений, от которых в основном запитано оборудование потребителей.

Список литературы

1. Густов С.В., Воробьев Н.Ю., Пахомов С.Н., Царьков Г.Ю., Панарин М.В. Технологии искусственного интеллекта для повышения эффективности эксплуатации сетей

*Царьков Геннадий Юрьевич — канд. техн. наук, начальник производственно-технического отдела АО «Газпром газораспределение Тула»,
Панарин Михайлович Владимирович — канд. техн. наук, проф., генеральный директор ООО «СервисСофт»,
Панарин Владимир Михайлович — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой охраны труда и окружающей среды,
Маслова Анна Александровна — д-р техн. наук, доцент, Алексеева Полина Геннадьевна - студент
ФГБОУ ВО «Тюльский государственный университет».
E-mail: anna_zuikova@rambler.ru*

2. Диагностика, мониторинг технического состояния, экологическая диагностика и управление состоянием газопроводов при обеспечении надёжности, безопасности и управляемости транспортом газа / Под ред. В.Е. Костюкова. Изд. ННГУ им. Н.И. Лобачевского. 2007. — 204 с.
3. Крымский В.Г., Жалбеков И.М., Имиль-баев Р.Р., Юнусов А.Р. Автоматизация управления технологическими процессами в газораспределительных сетях: проблемы, тенденции и перспективы // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2013. Т. 9. № 2. С. 70-79.
4. Maia A.L.S., De Carvalho F.A.T. Holt's exponential smoothing model for interval-valued time series // Anais do Workshop Franco-Brasileiro sobre Mineraao de Dados. 2009. Recife, Brazil. P. 38-39.
5. Панарин В.М., Рыбка Н.А., Маслова А.А., Царьков Г.Ю. Особенности профилактики аварий на объектах газораспределительного комплекса // Промышленные АСУ и контроллеры. 2018. №5. С. 58-62.
6. Панарин В.М., Маслова А.А., Рыбка Н.А., Царьков Г.Ю. Информационно-измерительная система территориально-распределенной газораспределительной сети // Промышленные АСУ и контроллеры. 2018. № 7. С. 27-33.
7. Царьков Г.Ю., Алексеева П.Г., Панькова И.Г. Разработка программно-аппаратного комплекса прогнозирования и минимизации выбросов природного газа в атмосферу // Инновационные наукоемкие технологии доклады VI международной научно — практической конференции. 2019. С.70-71.
8. Панарин В.М., Шейнкман Л.Э., Маслова А.А., Царьков Г.Ю., Гришаков К.В., Рыбка Н.А. Информационно-измерительная система прогнозирования и предупреждения аварийных выбросов газа в атмосферу // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 5. С. 9-13.

Системы для тестирования аккумуляторных блоков высокого напряжения с использованием технологии на основе карбида кремния

Компания Keysight Technologies, Inc. объявила о начале выпуска Scienlab SL1700A Series - системы нового поколения для тестирования аккумуляторных блоков высокого напряжения (до 1500 В), используемых в промышленности, в том числе в автомобильной отрасли.

Разработчикам мощных аккумуляторов следующих поколений требуются большие пространства, чтобы организовать многоканальное тестирование своих изделий, при этом возникают большие проблемы, связанные как с нахождением таких площадей, так и с подбором подходящих систем электропитания для проведения тестирования.

Система серии SL1700A от компании Keysight, созданная с использованием новой технологии на основе карбида кремния (SiC), обеспечивает сокращение расходов лабораторий за счет повышения эффективности и экономии электроэнергии. Эта модульная система гарантирует высокую производительность при небольших габаритах с возможностью модернизации согласно растущим требованиям.

В состав аккумуляторных блоков входят компоненты под высоким напряжением, носители тока, электрические и механические компоненты, системы охла-

ждения, а также системы управления аккумуляторами. Все эти компоненты требуют тщательного тестирования, позволяющего сделать выводы об их эффективности, диапазонах мощности, сроках эксплуатации и температурных характеристиках.

Система серии SL1700A от компании Keysight предназначена для тестирования компонентов аккумуляторных блоков и обладает следующими базовыми характеристиками:

- небольшие габариты при высокой мощности и производительности;
- рекуперация электроэнергии, что позволяет сократить расходы на эксплуатацию лабораторного оборудования;
- синхронизированное управление всеми компонентами тестовой среды, в том числе климатической камерой, условиями работы испытуемого прибора и системы управления аккумуляторами;
- запись измеренных значений для использования в качестве переменных во время остальных испытаний;
- прямая оценка данных с использованием практических инструментов анализа (последующая обработка не является обязательной).

<http://www.keysight.com>