



родным участием (6-8 октября 2015 г., Новосибирск, Россия). Т. 2.– Новосибирск: Институт математики СО РАН, 2015. - С. 142-150.

8. Аршинский, Л.В. Векторные логики: основания, концепции, модели / Л.В. Аршинский. - Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 2007. – 228 с.

9. Офицеров, В.П. Метод альфа-сечения нестрогих формальных контекстов в анализе формальных понятий / В.П. Офицеров, В.С. Смирнов, С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XVI международной конф. (30 июня - 03 июля 2014 г., Самара, Россия). – Самара: СамНЦ РАН, 2014. - С. 228-244.

10. Lammari, N. Building and maintaining ontologies: a set of algorithms / N. Lammari, E. Metais // Data & Knowledge Engineering. – 2004. - Vol. 48(2). - P. 155-176.

11. Kovartsev, A.N. Intelligent Design of Class Structure Model based on Ontological Data Analysis / A.N. Kovartsev, V.S. Smirnov, S.V. Smirnov // Труды ИСП РАН. 2015. Т. 27. Выпуск 3. – с.73-86.

12. Семенова, В.А. Семантическая идентификация объекта в задачах концептуального моделирования / В.А. Семенова, С.В. Смирнов // Перспективные информационные технологии: Труды международной науч.-тех. конф. (25-28 апреля 2016 г., Самара, Россия). – Самара: Самарский гос. аэрокосмический ун-т, 2016. – С. 330-332.

13. Смирнов, С.В. Опыт создания средств семантического моделирования и проектирования на массовой программной платформе / С.В. Смирнов // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: Материалы V международ. науч.-тех. конф. (19-21 февраля 2015 г. Минск, Беларусь) – Минск: БГУИР, 2015. – С. 413-416.

А.И. Строков, А.А. Бардасов, П.А. Львов

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КАЛИБРОВКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ

(Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.)

Процедура калибровки, отладки и настройки датчиков [1] занимает длительное время (порядка недели), поэтому при ручном управлении этим процессом тратится время работника, что очень непроизводительно на данном этапе. При этом, системы полного контроля качества чувствительных элементов (ЧЭ) как одного из основных элементов датчика, реально не существует. Поэтому контроль производится либо визуально, либо по упрощённой процедуре. Вследствие этого получение полной информации о качестве, точности и других важных характеристиках, становится невозможным. В то же время сборка датчика с некачественным или несоответствующим по точности ЧЭ порождает очевидные издержки и дополнительные трудозатраты, неэффективность кото-



рых обнаружится только в конце производственного цикла. Поэтому система автоматизированного контроля позволяет:

- заблаговременно определить качество ЧЭ;
- отбраковать ненадлежащие по точности ЧЭ уже на этапе контроля комплектующих;
- определить потенциально достижимую точность датчика, получаемого из данного ЧЭ, и, соответственно, определить область применения данного ЧЭ по классу точности.

Калибровка датчика давления [1] подразумевает сбор и обработку измерительной информации с чувствительного элемента в широком диапазоне температур (от -70°C до $+150^{\circ}\text{C}$) и заданном диапазоне давлений. На участке испытаний имеются специальные климатические камеры для испытаний в диапазонах температур от -70°C до $+160^{\circ}\text{C}$. Это подразделение оснащено прецизионными калибраторами давления. При высоком давлении используются цифровые манометры с точностью от 0,05% до 0,005 %. В качестве источника давления используются высокоточные задатчики давления. Питание поступает от программируемого источника питания постоянного тока серии АКПП.

Электронная схема датчика осуществляет преобразование данных с ЧЭ (напряжения, тока, частоты сигнала) в цифровой код, соответствующий измеренному давлению. Поэтому идея испытания ЧЭ состоит в создании виртуальной электронной схемы интеллектуального датчика давления для работы с реальными данными, поступающими с ЧЭ, реализующей те же алгоритмы, что и электроника реального датчика. Использование этого механизма позволит оценить потенциальные характеристики чувствительных элементов. Алгоритмическое и программное обеспечение автоматизированной системы сбора измерительных данных и управления процессом калибровки и диагностики ЧЭ датчиков давления включает два основных модуля:

- автоматизированная система сбора и хранения данных с чувствительных элементов давления,
- автоматизированная система управления процессом калибровки и диагностики ЧЭ датчиков давления (виртуальных датчиков давления).

Программное обеспечение системы автоматизированного контроля анализа чувствительных элементов датчиков давления написано на объектно-ориентированном языке программирования C# в среде разработки «Microsoft Visual Studio Ultimate 2013».

Для сбора данных с ЧЭ в форме сигнала напряжения используется сканер каналов универсального вольтметра В7-78/1 [2]. К данному вольтметру с помощью сканера можно подключить до 20 устройств для считывания аналогового сигнала. Компьютер взаимодействует с вольтметром на основе системы команд SCPI [3]. Библиотека «NI-VISA» применяется для обмена информацией между компьютером и вольтметром через интерфейс USB. Библиотека «Visa», предназначенная для сбора измерительной информации с ЧЭ посредством вышеописанного устройства, написана на языке программирования C# с использованием библиотеки «NI-VISA». Она входит в состав программного модуля, ответст-



венного за сбор и хранение данных с чувствительных элементов давления и является основным компонентом модуля, а так же может использоваться в любых других приложениях. В ней присутствует множество абстрактных классов для общего описания каждого из типов устройств. Она содержит в себе класс-менеджер по подключению и синхронизации всех подключённых устройств. Он может отслеживать все подключения и отключения устройств и генерировать события-оповещения.

С целью возможности расширения шаблона разделения бизнес-логики и работы с данными Data Access Layer (DAL) был добавлен ряд архитектурных принципов, которые позволяют предприятию осуществлять контролируемую (управляемую) замену или добавлять технологии хранения данных, не зависимо от их разновидности. Соответствующий модуль использует Entity Framework Code First – объектно-ориентированную технологию на базе фреймворка .NET для работы с данными. Сервис DataServices направлен на обеспечение промежуточного управления данными для предоставления их более высокому уровню приложения от транспортного уровня (транспортный уровень также называют уровнем доступа к данным). Проблема разделения логики основного приложения от логики взаимодействия с устройствами была решена при помощи создания отдельного модуля «Devices» со специально разработанной архитектурой. Из-за установки нового или смены старого устройства, в связи с истечением срока его амортизации, инструмент управления устройствами может изменяться с течением времени. Проблема разделения бизнес-логики и управления устройствами была решена созданием отдельного модуля DeviceServices, который построен на основе паттерна Service Layer. В сервисе реализованы основные методы автоматического контроля и управления устройствами.

Второй модуль системы автоматизированного контроля анализа ЧЭ реализует виртуальную электронную схему интеллектуального датчика давления и режимы обработки измерительных данных (режим сбора данных, режим корректировки данных, режим калибровки ЧЭ, режим диагностики ЧЭ). Программные модули, реализующие виртуальную электронную схему интеллектуального датчика давления входят в состав виртуальной схемы коллектора «CalibCollector» и описаны в библиотеке Core. С целью улучшения разделения ответственности между верхними уровнями приложения (в презентационной логике) и построения интерфейса верхний слой был разделён по принципу шаблона проектирования «Model View Presenter». Связи интерфейсов с представлениями описаны в отдельном классе Bootstrapper.cs по принципу Dependency Injection.

Управление системой осуществляется оператором. Оператором проводится настройка параметров системы и создаётся виртуальный коллектор, который включает определённое количество виртуальных датчиков давления. На протяжении всего процесса сбора и обработки данных предусмотрено журналирование, которое позволяет оператору отследить и проанализировать работу системы. Сбор и обработка данных системой проходит в определённой после-



довательности. Основная работа приложения начинается с запуска оператором процесса сбора измерительных данных.

Обработка полученных данных начинается с корректировки полученных данных. Алгоритм корректировки измерений позволяет исключить случайные влияния, приводящие к асимметричным выбросам в измерениях, что в свою очередь, предоставляет возможность успешно провести дальнейшую калибровку ЧЭ. После корректировки, данные записываются в таблицу базы данных. Для калибровки ЧЭ в автоматизированной системе контроля используется современный алгоритм нахождения функции зависимости выходного сигнала чувствительного элемента (виртуального датчика давления) от входного давления и окружающей температуры [4]. В качестве входных данных модуля используются скорректированные измеренные вольтметром данные в виде массива напряжений и информация о существующих настройках автоматизированной системы и оборудования, а также характеристиках виртуального датчика, полученных с базы данных. По окончании режима калибровки ЧЭ, на главной форме приложения отображается таблица найденных в процессе калибровки коэффициентов полиномиальных зависимостей. Коэффициенты полиномов, полученные в процессе калибровки, далее используются на этапе оценки качества ЧЭ. В исследуемых диапазонах температур и давлений проводится следующая процедура:

1. Задаются температура и давление, которые считаются истинными.
2. С помощью датчика снимается сигнал U . По этому значению и температуре вычисляется давление на основе данных калибровки, которое считается измеренным.

3. Вычисляется отклонение результата измерений от истинного давления. Вычисляются абсолютные и относительные погрешности измерений.

Пункты 1. – 3. повторяются для всех давлений и температур из исследуемых диапазонов. Сравнение значений проводится в цикле по ряду точек измерения давления. Основная диагностическая информация представляется в виде ряда таких значений, как:

- максимальная абсолютная ошибка;
- максимальная относительная ошибка;
- средняя абсолютная ошибка;
- средняя относительная ошибка.

Полученные значения для каждого ЧЭ заносятся в таблицу на форме и при необходимости записываются в диагностический файл. На основании полученных вышеперечисленных значений и сопутствующей документации оператором проводится анализ характеристик ЧЭ и сравнение ряда полученных значений с их допустимыми нормами. Исходя из этого, оператор определяет класс точности чувствительных элементов и выносит вердикт о пригодности каждого из них.

Описанная автоматизированная система была успешно апробирована/реализована в Энгельсском опытном конструкторском бюро «Сигнал» им. А.И. Глухарева [5], которое занимается разработкой и производством высоко-



точных датчиков давления для авиакосмической отрасли. Система автоматизированного контроля калибровки, отладки и настройки чувствительных элементов датчиков давления позволила многократно сократить время, затрачиваемое на отладку и настройку чувствительных элементов датчиков давления, проводимую на участке испытаний датчиков, а также избежать издержек и дополнительных трудозатрат при калибровке в широком диапазоне температур измерительных систем, в состав которых входят датчики давления. Система также позволяет в перспективе модифицировать уже имеющиеся и добавлять дополнительные компоненты, не затрагивая основной логики системы.

Литература

1. Датчики давления [Электронный ресурс] : ОАО ЭОКБ «Сигнал» им. А.И. Глухарева URL: <http://dimes.ru/index.php/2012-01-31-07-30-06.html>
2. Вольтметр универсальный В7-78/1 Руководство по эксплуатации. АКИП ЗАО "ПриСТ", 100с.
3. Измерители комплексных коэффициентов передачи и отражения «Обзор – 304», «Обзор – 804» Руководство программиста Команды SCPI. Второе издание РП 6687–075–21477812–2010, 273с.
4. Львов П.А. Методика компенсации температурной погрешности интеллектуальных датчиков давления / А.Ю. Николаенко, А.А. Львов, П.А. Львов, et.al. // Вестник СГТУ. 2014. № 4 (77). – С. 154-160.
5. Львов, А.А. Компенсация температурной погрешности интеллектуальных датчиков давления / А.Ю. Николаенко, А.А. Львов, П.А. Львов // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество»: в 2-х т., 2014, Т. 2. – С. 57-59.

К.Н. Ловцов, Н.С. Сухов, В.Б. Цеханский

МЕТОД НАИМЕНЬШЕГО ДЕЙСТВИЯ В ЗАДАЧЕ МАРШРУТИЗАЦИИ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ (Самарский университет)

Самоорганизующиеся сети — это беспроводные децентрализованные сети, не имеющие постоянной структуры. На данный момент являются развивающимся классом сетей, имеющий ряд преимуществ перед традиционными сетями. Наибольший интерес представляют самоорганизующиеся сети типа MANET [10], где в качестве узлов выступают мобильные устройства. Но ввиду своей динамичности, имеет такой недостаток, как сложность построения маршрута. Маршрут – это последовательность узлов, по которым происходит пересылка данных между узлом-отправителем и узлом-получателем.

Построение маршрута в сетях MANET может производиться двумя способами: используя сведения о соединениях узлов в сети и используя географические данные о местонахождении узлов в пространстве, получаемые посредст-