

УДК 00

Моделирование и синтез интеллектуальных мембранных датчиков давления на основе МЭМС

10, сентябрь 2012

Андреев К.А., Руткевич А.В.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Власов А.И.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru

Введение

Давление является одной из переменных величин описывающих явления, связанные с поведением жидких или газообразных сред. Большинство всех измерений, выполняемых в науке, промышленности и технике, связаны с измерениями давления, расхода, количества и уровня веществ.

Датчики давления предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами, приборах измерения уровня, расхода и обеспечивают непрерывное преобразование значения измеряемого параметра – давления, в унифицированный сигнал дистанционной передачи.

При управлении современными сложными техническими объектами невозможно обойтись без методов и технологий искусственного интеллекта, как средства контроля в условиях дестабилизирующих факторов.

Быстрое развитие интегральных микро и нанотехнологий позволило создавать принципиально новые измерительные приборы и преобразователи интеллектуальных датчиков, содержащих в корпусе датчика преобразователь и микропроцессор, что позволяет производить операции измерения и проверки достоверности полученных данных.

1 Функциональность интеллектуальных датчиков

Использование интеллектуальных датчиков дает возможность перераспределить функции между первичными элементами измерения и средствами контроля и управления. Тем самым освободить центральную вычислительную систему измерительной сети от обработки информации полученной от первичного преобразователя.

Согласно ГОСТ Р 8.673-2009 [2] интеллектуальный датчик это - адаптивный датчик с функцией метрологического самоконтроля (рис. 1), т.е. датчик, параметры и алгоритмы работы которого в процессе эксплуатации могут изменяться в зависимости от сигналов первичного преобразователя. Датчик должен обладать способностью автоматической проверки исправности, с использованием некоторого опорного значения (встроенный в датчик эталон или дополнительный выходной сигнал).

Изменение параметров работы датчика в процессе эксплуатации осуществляется с целью повышения точности и достоверности результатов измерений. В случае датчиков давления используются функции подстройки диапазонов измерения с целью снижения суммарной погрешности.

Интеллектуальный датчик, как правило, имеет цифровой выход и может обеспечивать передачу информации о метрологической исправности через интерфейс.

При этом, обладая микропроцессорной системой, интеллектуальный датчик позволяет осуществлять:

1. автоматическую коррекцию погрешности, появившейся в результате воздействия внешних факторов (температура, магнитные поля) или старения компонентов;

2. самовосстановление при возникновении единичного дефекта в датчике, т.е. автоматическое исправление последствий возникновения дефекта, например при воздействии давления превышающее максимальное на измеряемом диапазоне (при условии конструктивной защиты от перегрузок).

3. самообучение, включающее автоматическую оптимизацию параметров и алгоритмов работы.

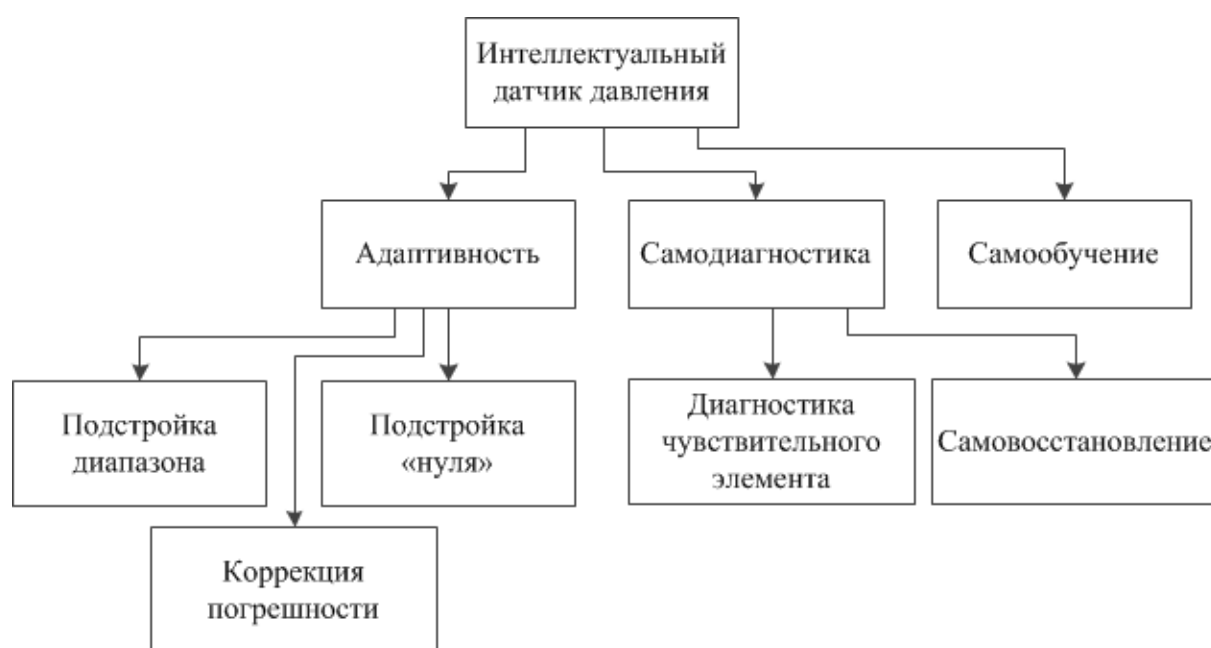


Рис. 1 – Функциональность интеллектуальных датчиков

Интеллектуальный датчик представляет собой совокупность программно-аппаратных средств, включающих чувствительный элемент (тензопреобразователь давления), схему преобразования сигналов и средства микропроцессорной обработки (рис. 2).

Конструктивно датчик может быть представлен штуцером для соединения с сетью измеряемой среды, и корпусным элементом обеспечивающим герметизацию микропроцессорных модулей [4]. При необходимости штуцер может быть модифицирован под любое посадочное место.

2 Реализация чувствительных элементов датчиков

Чувствительный элемент располагается на подложке из боросиликатного стекла для развязки от металлических конструктивных элементов и отделен от измеряемой среды металлической мембраной, обеспечивающей защиту от агрессивных сред.

Чувствительный элемент соединен с микропроцессорной схемой через гермоввод. Плата устанавливается на стойки в корпусе и распаивается с гермовыводами через соединительные провода. В отверстие в крышке может быть установлен необходимый разъем для подключения к измерительной сети. Как видно рис. 2, для обеспечения, работы схемы (схема на базе специализированной микросхемы zmd 31050, обеспечивает необходимые интеллектуальные функции) достаточно небольшого числа дополнительных компонентов, что позволяет разместить в сравнительно небольшом корпусе

дополнительные элементы (например, модули цифровой радиосвязи по протоколу ZigBee для организации беспроводной сенсорной сети).

Чаще всего в измерительных сетях требуются не одиночные интеллектуальные датчики, а группа датчиков объединенных в микропроцессорный кластер. Это позволяет производить перераспределение сенсорной сети в случае выхода из строя одного из элементов и для проверки достоверности данных от отдельных датчиков кластера.

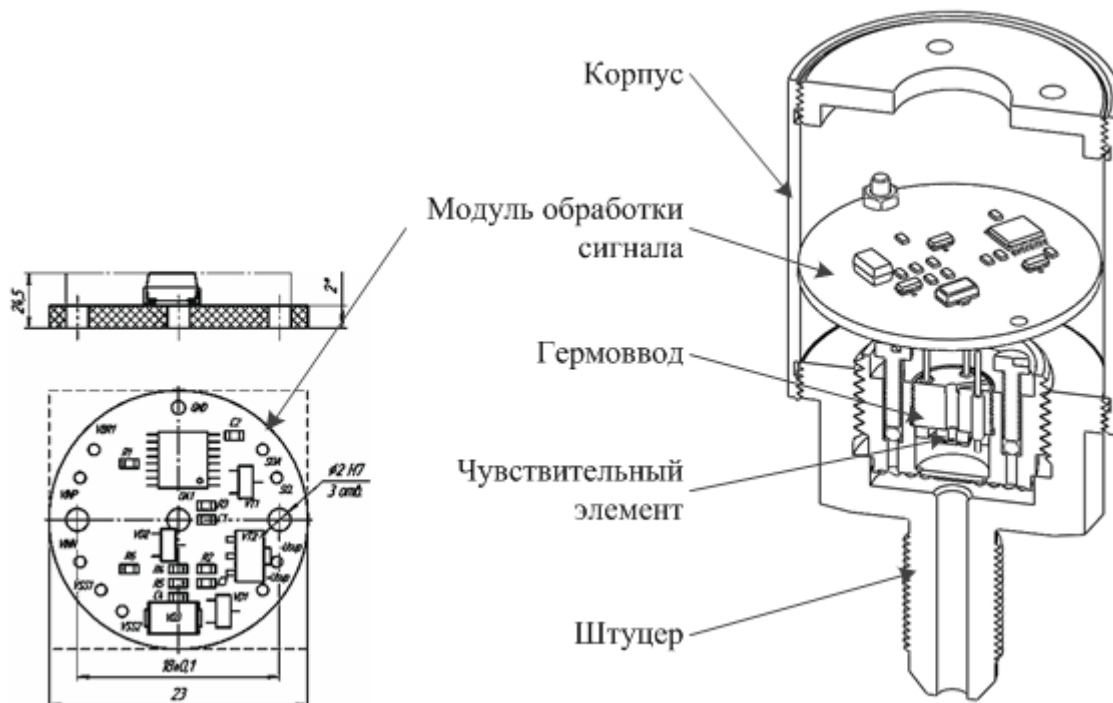


Рис. 2 – Конструктив датчика давления

Рис. 2 представляет собой эскиз твердотельной модели датчика с точным соблюдением пропорций каждого элемента. Расчет конструктивных элементов на прочность и их моделирование достаточно успешно выполняется с использованием САПР основанных на методе конечных элементов: ANSYS, SolidWorks.

Что касается моделирования микромеханической подсистемы (рис. 3), то могут быть использованы следующие системы автоматизированного проектирования [3]:

- САПР Tanner Pro, предназначена для проектирования интегральных схем и компонентов микросистемной техники. Система содержит библиотеки компонентов, схемный и топологический редактор и систему схмотехнического моделирования;

- CoventorWare, позволяет выполнять проектирования МЭМС систем по двум принципам как сверху вниз, так и снизу вверх. В первом случае вначале разрабатывается общий вид устройства и создается его структурная схема. Затем производятся уточнения решения для реализации подсистем и выполняется оптимизация. Далее выполняется электромеханическое моделирование и проект переходит на стадию технологической разработки. Во втором случае проектирование является более полным и позволяет создавать модели элементов не входящих в состав встроенных библиотек.

- ANSYS, является многоцелевым программным комплексом для решения сложных проблем физики и механики, позволяет использовать одну модель при расчетах на прочность при тепловом нагружении, влиянии магнитных полей и др.

На кристалле чувствительного элемента помимо тензопреобразователя, могут располагаться дополнительные элементы расширяющие функционал датчика и позволяющие контролировать дополнительные параметры при микропроцессорной обработке:

- Терморезистор, используемый при температурной компенсации;

- Дополнительный тензомост, позволяющий компенсировать ошибки измерений вызванные напряжениями в материале корпусных элементов.

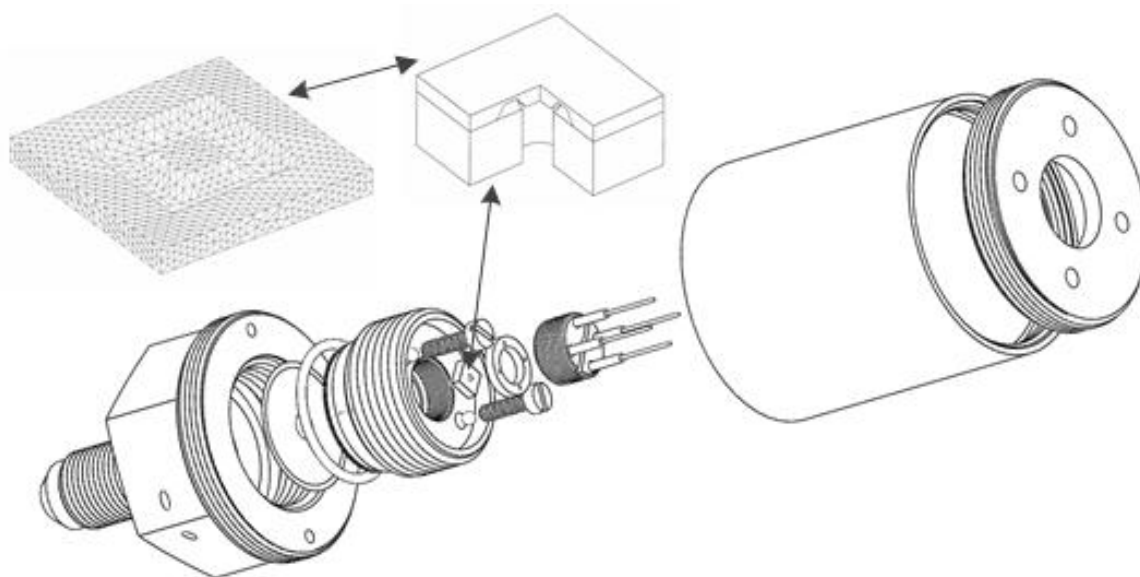


Рис. 3 – Многомасштабное моделирование датчиков давления

В условиях, когда в состав датчика входит множество компонентов различных типов, для повышения эффективности проектирования интеллектуальных датчиков необходимо создание обобщенной модели всего устройства, позволяющей синтезировать конструкцию, используя базы данных, включающих:

- Физико-химические процессы производства и работы чувствительных элементов;
- Отдельные топологические компоненты;
- Базовые компоненты конструктивных элементов;
- Схем усиления и обработки сигнала, которые могут быть интегрированы с чувствительным элементом;

Также необходима интеграция в общую модель методов метрологического диагностирования и накопленных метрологических данных для организации интеллектуальных систем.

Литература

1. Ваганов, В.И. Интегральные тензопреобразователи [Текст] / В.И. Ваганов. - М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136 с.
2. ГОСТ Р 8.673-2009. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2010. – 8 с.
3. Лысенко, И.Е. Проектирование сенсорных и актюаторных элементов микросистемной техники. Учебное пособие [Текст]. – Таганрог.: Изд-во ТРТУ, 2005. – 103 с.
4. Распопов, В.Я. Микромеханические приборы: учебное пособие [Текст]. – М.: Машиностроение, 2007. – 400с.