

Новые технологии и приборы для измерения давления и температуры жидких и газовых сред

И.В. Ключев
главный инженер¹

¹ОАО «Теплоприбор», Рязань, Россия

Наиболее массовыми востребованными измерениями в разнообразных технологических процессах являются измерения давления и температуры. На современном рынке приборной техники представлена весьма обширная номенклатура датчиков давления и температуры для самых различных применений во всех без исключения отраслях промышленности и в непромышленной сфере, которые разрабатывают и производят десятки отечественных компаний и сотни компаний по всему миру.

Ключевые слова

измерение давления, температура среды

Однако, все датчики давления, в частности, обладают рядом общих принципиальных конструктивных решений которые, делают практически нецелесообразным дальнейшее техническое совершенствование из-за чрезмерно высокой стоимости относительно небольших улучшений их характеристик.

К этим наиболее общим конструктивным решениям относятся следующие:

- электропитание датчика в точке измерения давления;
- обеспечение электромагнитной совместимости датчика, при этом, абсолютной независимости от электромагнитных помех достичь невозможно из-за самой природы его электронной «начинки»;
- обеспечение взрыво- и пожаробезопасности. При этом, как и в случае с электромагнитной совместимостью, по самой природе электронные устройства и электрические соединения не могут быть абсолютно взрыво- и пожаробезопасны;
- чувствительные элементы в датчиках давления тем или иным способом преобразуют величину деформации физического тела или изменения его положения в пространстве, при приложении к нему давления, в электрический сигнал через изменение промежуточных электрических параметров: сопротивления постоянному или переменному току, частоты переменного электрического тока, электрической ёмкости, величины магнитного поля др.

Однако, надёжное обнаружение и измерение с приемлемой точностью микромощных электрических сигналов ограничивается уровнем электрических шумов, являющихся неотъемлемым свойством электронной элементной базы.

Поэтому разработчики, для согласования прочностных характеристик чувствительных элементов и генерируемых чувствительными элементами электрических сигналов надёжно обнаруживаемого уровня, вынуждены прибе-

гать к делению всего измеряемого диапазона давлений на поддиапазоны.

Это обуславливает увеличение номенклатуры приборов, отсутствие универсальности применения, усложнение алгоритмов обработки сигналов, увеличение количества настраиваемых и переключаемых режимов и параметров, и т.д., что не может не сказаться на сложности, стоимости и надёжности приборов.

- неабсолютная стабильность источников электропитания, характеристик электронных компонентов и чувствительных элементов и во времени и при изменении температурных режимов приводит к смещению нуля прибора, устанавливаемого при его калибровке. Поэтому разработчики вынуждены принимать специальные меры, направленные на обеспечение долговременной стабильности нуля, а, кроме того, вводить в конструкцию приборов устройства, предоставляющие возможность корректировки нуля в процессе эксплуатации.

Помимо этого, следует отметить существенную специфику условий работы российских компаний - производителей, которые изготавливают датчики давления при отсутствии в России современной элементной базы, полном отсутствии элементной базы специализированной под обработку сигналов чувствительных элементов датчиков давления, и, конечно, самих высокотехнологичных чувствительных элементов.

Поэтому датчики давления, производящиеся компаниями РФ, в основном представляют собой повторение с относительно невысоким качеством предыдущих поколений приборов, созданных компаниями — мировыми лидерами, причём на, опять же устаревшей, импортной элементной базе производств локализованных в КНР, на Тайване, в Малайзии и т.д. Наиболее «продвинутые» компании используют приборные корпуса из Малайзии, КНР, Таиланда, электронные блоки производства КНР, Малайзии, а чувствительные элементы КНР,

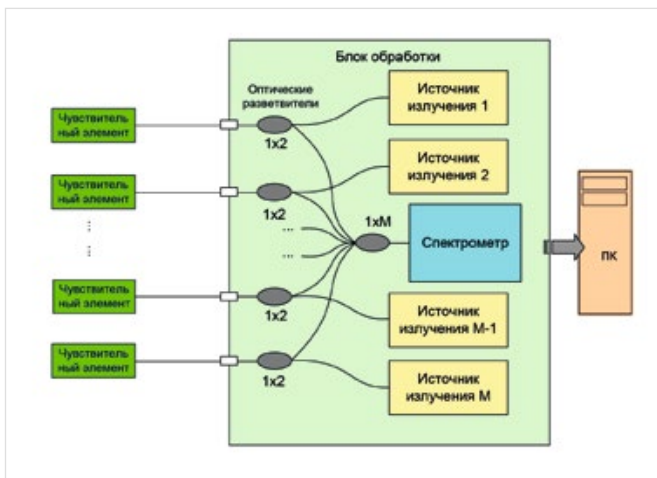


Рис. 1 — Схема системы измерения

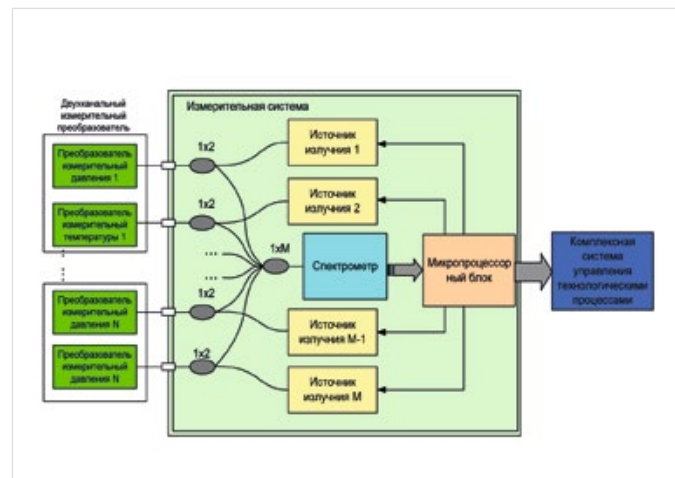


Рис. 2 — Схема системы измерения с двухканальными первичными преобразователями давления и температуры

Швейцарии, Японии и т.д.

Очень немногие компании РФ изготавливают свои электронные блоки и чувствительные элементы, которые функционально и по метрологическим характеристикам значительно уступают даже не лучшим разработкам мирового класса, а среднему мировому уровню.

Рассмотренная ситуация по датчикам давления, в частности, примерно такая же по датчикам температуры, расхода жидких и газовых сред, уровня жидких и сыпучих сред и др.

Вступление России в ВТО может ещё больше усугубить положение российских компаний – производителей датчиков и переместить их за «грань выживания», на которой они находятся.

Объективно необходимым и возможным выходом из сложившейся ситуации, является создание и освоение серийного производства датчиков давления и температуры, построенных на основе новых технологий получения и обработки информации об измеряемых значениях параметров, одной из которых является спектральное кодирование оптического излучения на основе интерферометра Фабри-Перо.

В течение 2011–2012 г.г. ОАО «Теплоприбор» на основе теоретических разработок и практически полученных результатов в институте общей физики РАН, совместно с учёными института испытал систему измерения давления и температуры с применением спектральных первичных измерительных преобразователей (чувствительных элементов) и спектрометра.

Чувствительный элемент представляет собой миниатюрный интерферометр Фабри-Перо, который связан оптоволоконным кабелем со спектрометром. Давление среды, прикладываемое к чувствительному элементу — жёсткой мембране, вызывает модуляцию широкополосного оптического спектра. Сигнал спектрометра обрабатывается контроллером, в результате рассчитывается величина давления, вызвавшая деформацию чувствительного элемента – жёсткой мембраны. Принципиальная схема системы измерения приведена на рис.1.

Результаты проведённых испытаний позволили определённо установить возможность создания и серийного освоения чувствительных элементов на основе интерферометра и спектрометра с соответствующим программным обеспечением даже с учётом современно-

го состояния элементной и технологической базы приборных производств.

Метрологические характеристики, полученные по результатам испытаний, на порядок и более превосходят достижения мирового уровня на традиционных электронных компонентах.

Разрешающая способность (абсолютная погрешность) системы измерения деформации мембраны ΔW первичного измерительного преобразователя, достигнутая на действующем образце составила 0,1 нм.

Относительная точность измерения давления γ , приведённая к верхнему пределу измерения составила 0,0013%.

Предельная погрешность измерения ΔW , достижимая при применении двухканального первичного преобразователя, обеспечивающего одновременное измерение температуры, в т.ч. для целей термокомпенсации, составляет 0,05 нм, что обеспечивает предельную относительную точность измерения давления $\gamma = 0,00063\%$.

На рис. 2. приведена схема системы измерения с двухканальными первичными преобразователями давления и температуры.

Для повышения надёжности системы измерения в целом может быть применена схема с дублированием спектрометра, хотя по своей надёжности он значительно превосходит электронные блоки, обрабатывающие электрические сигналы, т.к. в конструкции спектрометра используется один электронный компонент: ПЗС-линейка.

Преимущества описываемой системы измерения давления и температуры по сравнению с традиционными электронными датчиками, очевидны, но имеет смысл ещё раз их сформулировать.

1. Первичные измерительные преобразователи, размещаемые в точках измерения параметров среды не требуют электропитания. Сигнал с них может быть передан в спектрометр, удалённый на расстояние до 600 м по одномодовому оптоволоконному кабелю.
2. По своей природе оптоволоконный чувствительный элемент и каналы связи абсолютно устойчивы к любым электромагнитным помехам, абсолютно взрыво- и пожаробезопасны.
3. Экстремальная чувствительность самого метода спектрального кодирования информации с применением интерферометра Фабри-Перо, позволяет применять один чув-

ствительный элемент с достаточно прочной безгистерезисной мембраной на все диапазоны давления, практически существующие в технологических процессах. При этом основная относительная погрешность измерения надёжно не превысит 0,01% от ВПИ в диапазоне давлений от 0,5 кПа до 42,0 МПа.

4. Практически отпадает необходимость в применении датчиков дифференциального давления. Достаточно применить два сблокированных первичных измерительных преобразователя избыточного давления, чем достигается высокая степень их унификации и взаимозаменяемости.

5. Сам метод спектрального кодирования информации обуславливает независимость параметров чувствительного элемента от характеристик широкополосного источника оптического излучения, изменения их во времени и под влиянием температур, что обеспечивает стабильность нуля в течение срока службы источника широкополосного излучения, например, белого светодиода, т.е. 10–12 лет.

Следует подчеркнуть, что в системе интерферометр-спектрометр первичным источником информации о давлении является измеряемая длина базы интерферометра Фабри-Перо, которая изменяется в связи с деформацией чувствительного элемента — жёсткой мембраны, поэтому получаемое при каждом измерении абсолютное значение длины базы делает первичный преобразователь независимым от воздействия факторов, «сдвигающих» ноль. Поэтому проблема стабильности нуля решается автоматически абсолютно.

Необходимо дополнительно отметить, что с учётом невысокой стоимости первичных измерительных преобразователей, и относительно высокой стоимости спектрометра со встроенным контроллером, удельная стоимость одной точки измерения будет близка к стоимости датчиков дифференциального давления, которые в настоящее время широко представлены на приборном рынке.



ОАО «Теплоприбор»

390011, г. Рязань, Куйбышевское шоссе, д. 14-а
тел.: (4912) 24-89-02, факс (4912) 44-16-78
teplopr@teplopribor.ru www.teplopribor.ru



Датчик-индикатор уровня РИС 122 — перспектива развития уровнеметрии

ОАО "Теплоприбор" освоил выпуск прибора — РИС 122. Датчик-индикатор является развитием модели РИС 121.

Новая разработка, и новый подход к решению всевозможных локальных задач.