

DPHarp - СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗМЕРЕНИЯХ ДАВЛЕНИЯ, РАСХОДА И УРОВНЯ

В.Н.Кравченко

В 80-х годах, когда произошел скачок в развитии технологий роста кристаллических структур, японская компания **Yokogawa** решилась на беспрецедентный шаг в производстве датчиков давления - отойти от традиционного и уже исчерпавшего себя "емкостного" принципа измерения и с помощью последних полупроводниковых технологий реализовать принципиально новый **частотно-резонансный сенсор**, названный в дальнейшем **DPHarp (Differential Pressure High Accuracy Resonant Pressure sensor)**

Как показала история, это было правильным шагом: за несколько лет доля компании **Yokogawa** на мировом рынке датчиков давления выросла более чем в 4 раза [Отчеты ARC 1995-2004 гг.].

Наверное, самой высокой оценкой можно считать то, что преимущество данного сенсора вынуждены были признать другие именитые производители [Патент на сенсор датчика 3051S: United States patent: 6,082,199].

Принцип измерений

В основу нового сенсора **DPHarp** лег известный "частотно-резонансный" принцип, который наглядно можно продемонстрировать на примере струны: натяжение струны контролируется ее собственной частотой колебаний (тоном).

При натяжении струны ее тон (частота собственных колебаний) становится выше, при ослаблении, наоборот, - ниже.

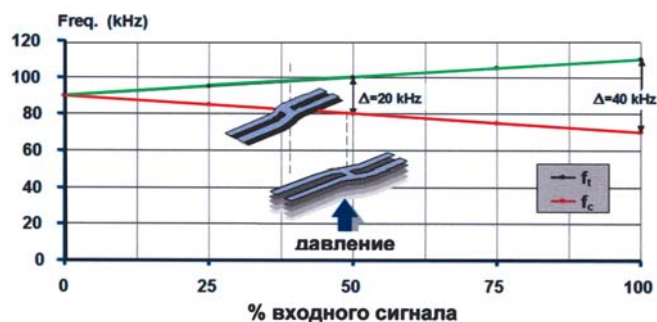
Сам по себе "частотно-резонансный" метод не нов, и в свое время производились датчики на этом принципе (например, "Струна"). Эти приборы хорошо себя зарекомендовали, однако не получили дальнейшего развития из-за низкой технологичности производства.

Уникальность же сенсора **DPHarp** заключается в том, что эта конструкция выполнена в чрезвычайно малых размерах (десятки микрон) в виде единого монокристалла кремния (отсюда пошло название "кремниевый резонатор") без всяких швов, смычек и т.п.

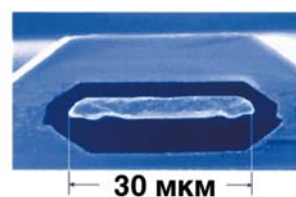
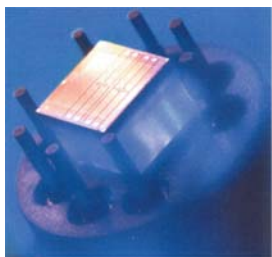
Помимо эксплуатационных достоинств технология **DPHarp** позволяет изготавливать сенсоры нового поколения большими партиями и по конкурентоспособной цене. Благодаря этому, только в России уже работает более 50 тысяч датчиков на технологии **DPHarp**.

Конструкция сенсора

В качестве упругого элемента используется кремниевая диафрагма, на которой расположены два чувствительных элемента. Чувствительные элементы - резонаторы расположены так, что их деформации отличаются по знаку при приложении разности давлений к сенсору.



Изменение собственной частоты резонаторов прямо пропорционально прилагаемому давлению.



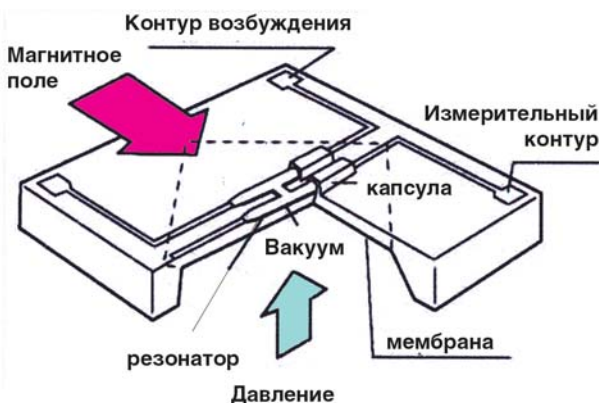
Возбуждение колебаний и передача частоты механических колебаний в электрический частотный сигнал происходят путем помещения двухконтурных резонаторов в постоянное магнитное поле и пропускания переменного электрического тока через тело резонатора в контуре возбуждения.



Благодаря эффекту электромагнитной индукции, в измерительном контуре возникает переменная ЭДС с частотой, равной частоте колебаний резонатора измерительного контура.

Обратная связь контура возбуждения по измерительному контуру вместе с эффектом сдвига частоты вынужденных колебаний в сторону резонансной частоты обеспечивают постоянное соответствие частоты электрических колебаний резонансной (собственной) частоте механических колебаний тела резонатора. Собственная частота такого ненагруженного резонатора составляет обычно около 90 кГц.

Теперь давайте рассмотрим, какие преимущества дает такой сенсор по сравнению с другими принципами измерений:



1. Стабильность и влияние перегрузок

Существующие широко используемые методы преобразования давления в электрический сигнал имеют очевидные принципиальные ограничения по стабильности и устойчивости к перегрузкам:

- для емкостного метода - это остаточная деформация и механическая усталость центральной мембраны - "сердца" емкостного сенсора,
- для пьезорезистивного метода - это нестабильность стеклянной подложки и дрейф сопротивления пленок, связанный с диффузией примесей в материале.

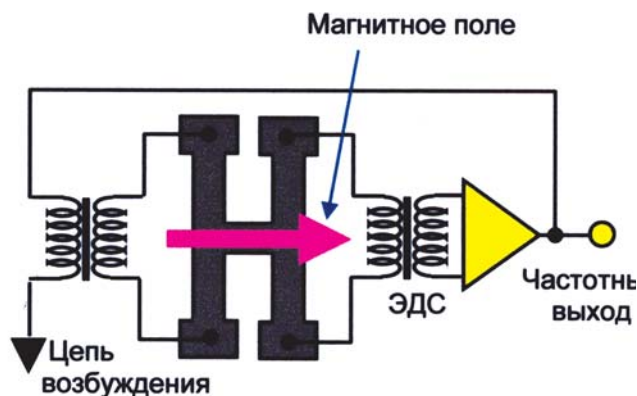
Как следствие, если Вы внимательно изучите спецификации таких приборов, то ни у одного из них не найдете того, чтобы производитель нормировал погрешность прибора после односторонней перегрузки по давлению. Кроме того - даже у самых лучших датчиков при нормировании стабильности ставятся существенные ограничения по рабочим условиям (температуре окружающей среды, давлению).

В случае кремниевого резонатора **DPHarp** собственную частоту определяют всего два параметра - масса, геометрические размеры и форма.

Масса резонатора измениться не может. Геометрические же размеры и форма также жестко зафиксированы кристаллической решеткой - самой стабильной и упругой структурой.

Все это в совокупности позволяет компании Yokogawa гарантировать стабильность во всем диапазоне рабочих условий безо всяких условий, включая перегрузки по давлению.

Суперстабильность кремниевого резонатора подтверждается на практике: это подтверждают постоянные испытания по циклическим нагрузкам, термоциклированию и т.п.



На рисунке Вы можете видеть результаты испытаний на дрейф нуля в течение 15 календарных лет. За все это время ни один из испытываемых датчиков ни разу не подстраивался и у них не корректировался ноль.

2. Влияние внешних факторов (изменение температуры, статического давления)

Следующим важным фактором является устойчивость к внешним воздействиям (температуре и статическому давлению). Для емкостного и пьезорезистивных сенсоров это традиционно проблематичное направление:

- у емкостных датчиков происходит дрейф нуля из-за незаметного, но существенного для точных измерений, перекоса сенсора (идеально симметричной конструкции не бывает);
- в случае пьезорезистивного сенсора - это существенная зависимость сопротивления полупроводниковых пленок от температуры и статического давления (естественно, большую зависимость гораздо сложнее скомпенсировать).

У кремниевых резонаторов ситуация кардинально лучше:

1) геометрические размеры на 4-5 порядков (в десятки и сотни тысяч раз) меньше подвержены влиянию температуры и статического давления, чем электрические характеристики (сопротивление, емкость),

2) в сенсоре используются не один, а два идентичных резонатора, расположенных так, что они по разному реагируют на изменение перепада давления. Благодаря этому есть возможность разделить "полезный" и паразитные вклады в сигнал (разница частот резонаторов пропорциональна перепаду давления, а сумма частот - статическому давлению с поправкой по температуре). Таким образом, возможна сразу аппаратная компенсация с одновременным получением дополнительной информации,

3) сопротивление тела резонатора является индикатором температуры. Индивидуальные характеристики сенсора записываются в память

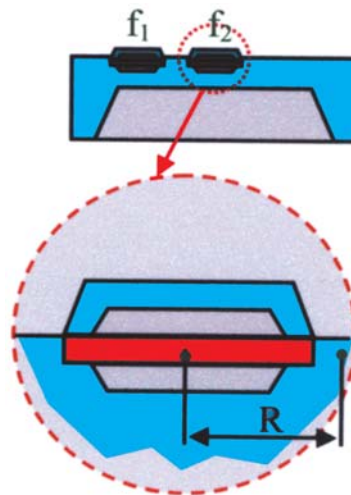
электроники, и в дальнейшем по температуре сенсора, происходит компенсация оставшихся влияний температуры и статического давления.

3. Точность, перестройки шкалы

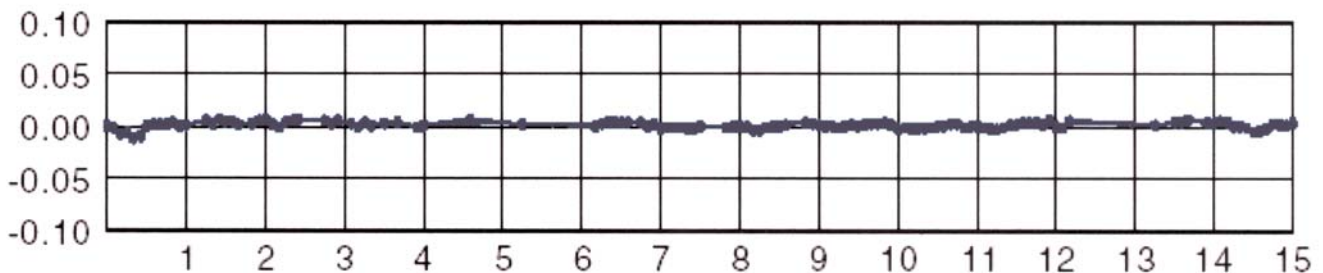
"Кремниевый резонатор" называют по истине **цифровым сенсором**, так как в нем полностью отсутствует промежуточное аналого-цифровое преобразование (деформация сразу преобразуется в частоту) в отличие от емкостного и пьезорезистивного датчиков, где промежуточный аналоговый параметр обязательно присутствует (**деформация - емкость - частота, деформация - сопротивление - частота**).

Этот факт, вкупе с чисто линейной зависимостью частоты от давления дает большое преимущество "кремниевому резонатору", благодаря чему, для достижения более высокой точности, требуется только увеличить точность калибровки, а перестройка шкалы не требует подстройки нуля и калибровки, обязательных для емкостного и пьезорезистивного датчиков.

На сегодняшний день никому другому не удалось предложить какой-либо серьезной альтернативы емкостному и пьезорезистивному методам измерений, а следовательно, большой "запас прочности" по точности и стабильности сенсоров DPHarp дает уверенность в том, что за технологией DPHarp - будущее.



Погрешность (% @ макс. шкалы)



Год

В 2004 году компания "Иокогава" выпустила новую линейку датчиков давления - серию **EJX**. Эта серия покрывает всю линейку датчиков давления, и перепада давления, применяемых для измерений давления, перепада давления, уровня и расхода. Также как и датчики EJA, серия **EJX** предлагает широкий набор унифицированных выходных сигналов: 4...20мА, цифровые протоколы Brain, HART, Foundation Fieldbus, с помощью которых можно изменить настройки прибора и выходные характеристики сигнала, получить сообщения диагностики и т.п. Имеются взрывозащищенные исполнения, встроенные модули молниезащиты

При всем этом в новой серии **EJX** реализован целый ряд отличительных функций и характеристик, которые выделяют **EJX** по сравнению с EJA:

1) Гарантируются более высокие точность и стабильность (погрешность - 0.04% от шкалы стандартно, стабильность - 0.1% от ВПИ в течении 10 лет). При этом максимальная глубина перестройки шкалы увеличена до 200;

2) сделан дополнительный к аналоговому выходу еще и опциональный релейно/импульсный выход (открытый коллектор), позволяющий выводить на верхний уровень вторую переменную в виде релейного или импульсного сигнала;

3) во всех датчиках перепада стандартно также измеряется с гарантированной точностью и статическое давление, которое может быть выведено на верхний уровень посредством релейно/импульсного сигнала или цифрового протокола. При этом выпущена еще модель многопараметрического датчика, который принимает дополнительно сигнал с внешнего термометра сопротивления и производит вычисления массового или приведенного к нормальным условиям расхода строго в соответствии с существующими стандартами;

4) значительно повышена скорость реакции датчика на изменение давления. На сегодняшний момент EJX имеет время отклика 95 мс и является самым быстрым интеллектуальным датчиком давления;

5) Надежность нового датчика такова, что стандартные модели EJX получили сертификат TUV сразу на уровень SIL2.

Датчики серий EJA/EJX внесены в Госреестр (межповерочный интервал - 3 года) и имеют все российские сертификаты, разрешающие их применение в Российской Федерации. Все приборы поставляются с первичной поверкой, признаваемой российскими органами.

Естественно, в данной статье сложно описать все функциональные новинки и возможности, реализованные в новых приборах EJX. Мы постарались отразить только самые значимые и принципиальные моменты. Для более подробной

информации, пожалуйста, обращайтесь в представительства фирмы "Иокогава Электрик СНГ" (<http://www.yokogawa.ru>).

О работе компании "Иокогава" на рынке стран СНГ

Сегодня компания "Иокогава Электрик СНГ" представляет собой сплоченную команду высококвалифицированных специалистов. В штате компании работает более 100 сотрудников. Для того, чтобы быть ближе к потребителям, "Иокогава Электрик СНГ" постоянно открывает новые филиалы по всей России и в странах СНГ.

Спектр услуг, предоставляемых компанией, включает в себя не только поставку оборудования, но и выполнение комплексных проектов по автоматизации, техническую поддержку, гарантийное и послегарантийное сервисное обслуживание. Кроме того, компания предлагает обучение специалистов заказчика на базе хорошо оборудованного учебного центра в Москве. Все специалисты проходят обучение по специализированным программам и по окончании курсов получают сертификаты.

Во многом показателем качества продукции, а также качества работы российских специалистов являются авторитет компании и тот объем реализованных комплексных проектов, которые компания выполнила за время своей работы на российском рынке.

На сегодняшний день за плечами компании уже более 170 систем управления, установленных на российских предприятиях, в том числе, на сложных взрывоопасных технологических объектах. При этом "Иокогава Электрик" сопровождает своих партнеров вплоть до пуска системы в опытную и промышленную эксплуатацию, гарантируя бесперебойную работу всей системы.

Исключительно внимательное отношение сотрудников компании "Иокогава" к нуждам заказчика даже в самых сложных ситуациях дали серьезный толчок в установлении и продолжении партнерских отношений "Иокогава Электрик" со многими российскими компаниями и предприятиями. Это, вкупе с надежностью японской техники, дает уверенность в будущем всем партнерам компании "Иокогава".

"Иокогава" -

Ваш надежный партнер

Координаты

Головной офис

ООО "Иокогава Электрик СНГ"

129090 Москва, Россия,

Грохольский переулок, 13, строение 2.

Телефон: +7 (495) 737 7868, 737 7871, 933 8590

Факс: +7 (495) 737 7869, 933 85 49

E-mail: yru@yokogawa.ru

www.yokogawa.ru