

^{1,2}Н.К. Смайлов*, ^{1,2}С.Ж. Көшкінбаев, ¹А.М. Базарбай, ^{1,2}А.А. Абдыкадыров,
²А.О. Кабдолдина, ³М.Ж. Кошкинбаева

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Институт механики и машиноведения имени академика У.А. Жолдасбекова,
Алматы, Казахстан

³Университет Мирас, город Шымкент, Казахстан

*e-mail: nur_aly.kz@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИЛОВЫХ И ТЕПЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ СОВМЕЩЕННЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ

Аннотация. В данной статье рассмотрены методы преобразования силовых и тепловых параметров для совмещенных датчиков давления и температуры. В работе показана зависимость скорости от изменения давления, т.е. характера зависимости $p(t)$. Предлагается показать разнообразие задач измерения давлений которые сводятся к трем вариантам: измерение статических и медленноменяющихся давлений, измерение быстроменяющихся давлений и измерение импульсных давлений.

Показаны наиболее жесткие метрологические требования к датчикам и системам, измеряющим статические и медленноменяющиеся процессы. Техническая задача - усовершенствовать измерительный прибор. Техническим результатом является повышение точности измерения давления с учетом дополнительной погрешности температуры. Это включает в себя известные устройства, такие как разделители света, микролинзы, микропозиционист, коллимирующая линза, одномодовое рабочее волокно с алюминиевым покрытием для измерения температуры, шарнир для сбора линз, фотоприемник, усилитель сигнала, блок обработки и цепь тепловой компенсации.

Ключевые слова: совмещенный датчик, дифференциальное давление, усилитель мощности сигнала, чувствительный элемент, методы преобразования, давления.

Введение. Имеется только три типа датчиков давления (DP) для измерения абсолютного, избыточного и дифференциального давления. Датчики абсолютного давления измеряют нулевое давление (уровень абсолютного вакуума). Датчики перепада давления измеряют разницу давлений между двумя входами. Датчики избыточного давления представляют собой частный случай датчиков перепада давления и измеряют давление относительно атмосферного. Последние широко используются в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Конструктивно ДД представляет собой чувствительный элемент (ЧЭ), расположенный между двумя камерами - в одной измеряется давление, в другой - эталон. В датчиках абсолютного давления эффект Че бывает только с одной стороны, дифференциальный - с двух сторон, относительное, с одной стороны, измеряемое давление, а с другой стороны, постоянное.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из мировых лидеров по производству полупроводниковых датчиков давления является компания NXP, которая по состоянию на 2016 год занимает четвертое место в мире по производству полупроводниковых изделий. Эта компания производит различные ДДС от 0 до 10 000 кПа. Рассмотрим схему датчиков MPX2100 фирмы NXP. Этот датчик имеет 7 модификаций различных конструкций, что позволяет использовать его для измерения всех трех типов давления.

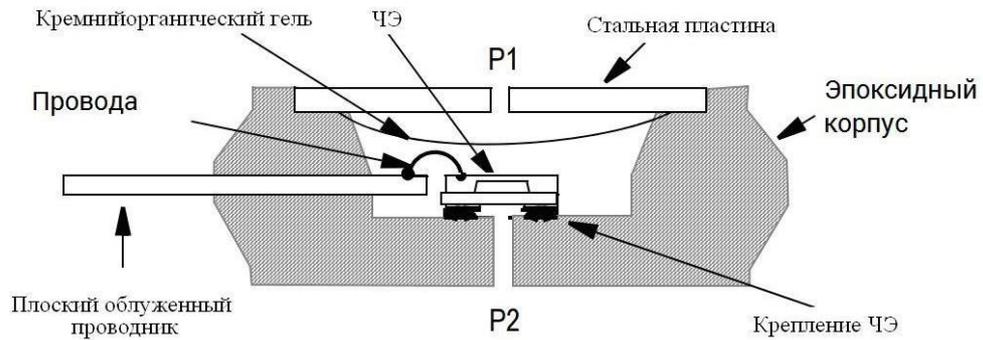


Рисунок 1.1. Датчик абсолютного давления фирмы NXP

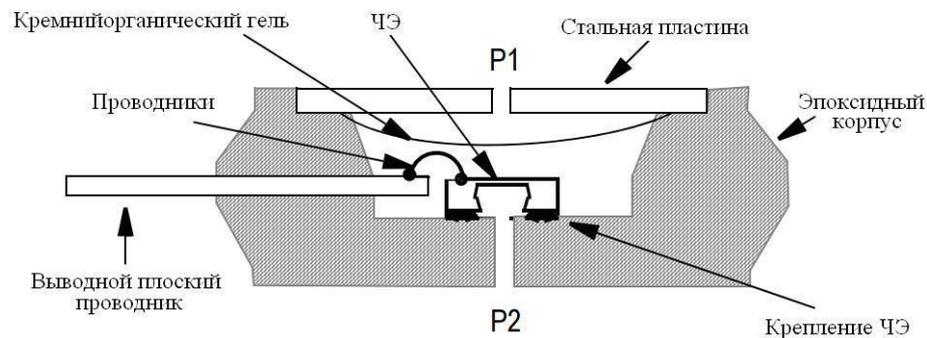


Рисунок 1.2. Датчик избыточного (дифференциального) давления

Датчики абсолютного, избыточного и дифференциального давления показаны на рисунках 1.1, 1.2. Как видно из них, основное отличие датчиков заключается в различии конструкций ЧЭ. Датчик манометра, который также может измерять перепад (перепад) давления, сконструирован таким образом, что давление P1 всегда будет выше давления P2, в датчике абсолютного давления к P1 подается разрежение. Силиконовый гель изолирует SE и подводящие провода от окружающей среды, не влияя на измеряемое давление, действующее на SE. В то же время производитель указывает, что датчик предназначен для воздействия сухого воздуха, воздействие других газов или окружающей среды может привести к неработоспособности или сокращению срока службы.

В датчике MPX2100 используется пьезорезистивный принцип работы, при котором сопротивление тензодатчиков изменяется под давлением. Недостаток метода - отрицательное влияние температуры; для его устранения используются схемы термокомпенсации, в том числе с использованием микроконтроллера.

Следует отметить, что в зависимости от скорости изменения давления, т.е. характера зависимости $p(t)$, все многообразие задач измерения давления можно свести к трем вариантам: измерение статического и медленно меняющегося давления, измерение быстро меняющегося давления, давление и измерение импульсных давлений (рисунок 1.3).

На практике статической группой обычно называют давления, значение которых остается неизменным в процессе измерения. Медленно меняющееся давление - это процесс, который содержит постоянную составляющую и гармонические составляющие с частотами до 20 ... 30 Гц.

Характер изменения медленно меняющихся давлений во времени различен: $p(t)$ может быть сложной функцией, постоянная составляющая, которой аппроксимируется, например, трапецеидальным импульсом с разным временем нарастания и спада (рис. 1.3, а).

На рисунке 1.3 для графической интерпретации характера и динамики давления приняты следующие обозначения:

- а - медленно меняется;
- б - медленно меняющийся, сопровождающийся пульсацией;
- в - быстро меняющийся с постоянной составляющей;
- г - быстро меняющийся без постоянной составляющей;
- д - пульс;
- е - перкуссия;
- ж - взрывчатое вещество.

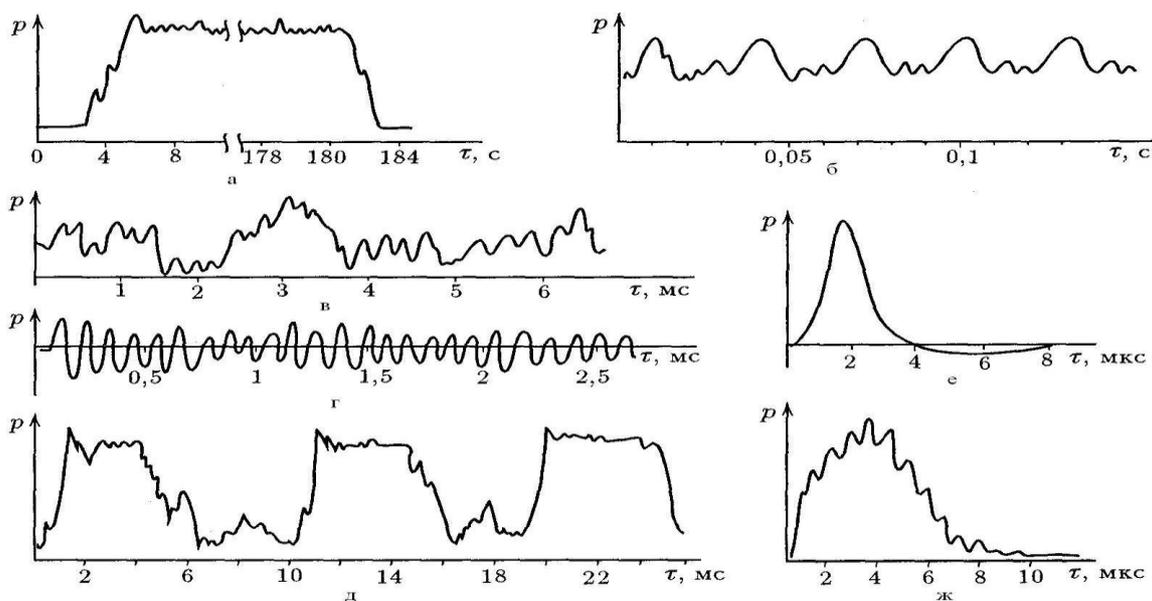


Рисунок 1.3. Характер изменения давления во времени для различных типов давлений

Быстро меняющиеся давления (рисунок 1.3, б) включают в себя периодически меняющиеся и переходные процессы. Пульсации давления жидкости и газа и акустический шум представляют собой скорее случайный колебательный процесс (рисунки 1.3, б, г).

Импульсные давления представляют собой одиночные или периодические импульсы и характеризуются амплитудой импульсов и коротким временем нарастания и спада. Чаще всего эти процессы не имеют постоянной составляющей (рисунки 1.3, д - ж).

К датчикам и системам, измеряющим статические и медленные процессы, предъявляются самые строгие метрологические требования. Это связано с тем, что датчики допускают погрешности для одновременного измерения переходных процессов и установившихся давлений, сопровождаемых пульсацией. Требуется частота собственных колебаний и небольшая степень демпфирования, а для небольшой погрешности измерения установившегося давления, соответствующего высокочастотной пульсации, необходима низкая частота собственных колебаний и измерений. Большая степень седативного эффекта. Датчики, предназначенные для измерения быстро изменяющегося и пульсирующего давления, должны иметь небольшие динамические ошибки, то есть высокие частоты диапазона давления и дестабилизирующие факторы. В этом случае для допустимых динамических погрешностей системы все элементы системы (датчик - усилитель - преобразователь - регистратор) должны быть согласованы по частотным диапазонам измерений.

Тензодатчик (СД) - один из ключевых элементов датчиков давления и силы. Кроме того, тензодатчики используются для различных целей: измерения уровня деформаций и

механических напряжений, изображений в узлах и конструкциях технологического оборудования, вооружения, изделий летной и ракетно-космической техники. Процессы со случайными и гармоническими составляющими частот от десятков до сотен тысяч герц до быстро меняющихся импульсных давлений.

Обобщенная структура представлена на рисунке 1.4, где условно имеется входная сила деформации ϵ_x , которая действует на опорный элемент (подложку, пластину, балку), вызывает в нем механическое напряжение (σ_x), которое передается на чувствительный элемент (ЧЭ). С другой стороны, поток энергии (E) поступает в SE от внешнего источника питания (PS) в виде напряжения, тока или частоты, который модулируется переменными модулями SE, которые, в свою очередь, зависят от ϵ_x . Кроме того, в реальных условиях на светодиод влияют параметры внешней среды, в частности температура ($T_{вн}$), вибрации, удары и т. Д., Которые меняют его характеристики. Таким образом, на выходе СД возникает сигнал Y, функционально связанный с ϵ_x , Э, $T_{вн}$:

$$Y = F(\epsilon_x, \text{Э}, T_{вн})$$

Чаще всего роль ЧЭ выполняют тензорезисторы (ТР), которые закрепляются на подложке или объекте измерения специальными клеями или клеевыми композициями.

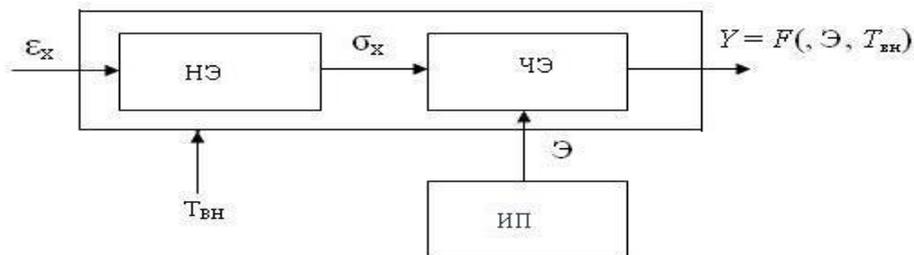


Рисунок 1.4. Структурная схема сенсора деформации

Рассмотрим подробнее ТР, являющиеся основными элементами СД. В настоящее время на практике используются проволочные, фольговые и полупроводниковые ТР, особенно первый и второй. Кратко опишем принцип работы ТР и приведем основные расчетные зависимости. Wirewound TR - это проволока из высокопрочного металлического сплава, которая меняет свое сопротивление при нагрузке, растяжении или сжатии.

Данная работа выполнена при поддержке грантового финансирования по теме «Разработка конструкций и технологий создания малогабаритных оптоволоконных совмещенных датчиков давления и температуры для космической инфраструктуры», ИРН - AP08052850, источник финансирования – Министерство образования и науки Республики Казахстан.

REFERENCES

- [1] Klyuev I.V. Novie tehnologii i pribori dlya izmereniya davleniya i temperaturi jidkih i gazovih sred // «ISUP». – Ryazan: OAO «Teplopribor», 2012. -№ 4 (40), – S. 32-33.
- [2] Pat. 2002/0059827 A1 US, G01F 1/68. Combined flow, pressure and temperature sensor / Leif Smith. - № 10/022361, zayavl. 20.12.2001; opubl. 23.05.2002.
- [3] Encyclopedia ASU TP. <https://www.bookasutp.ru>. 05.06.2016.
- [4] Matrica cifrovih sensorov - elektronnaya sistema skanirovaniya parametrov davleniya sleduyushchego pokoleniya // Kontrolno-izmeritelnaya tehnika. – M.: Energoatomizdat, 2017. - S. 13-14.
- [5] Pnevmo-preobrazovatel mnogokanalnii PPM. Rukovodstvo po ekspluatacii. KRUG. 421831.001RE. – Penza: KRUG, 2002. - 45 s.
- [6] Datchiki teplofizicheskikh i mekhanicheskikh parametrov. Spravochnik: v 3 t. / pod obsch. red. Yu. N. Kopteva. - M.: IPRJ, 2008. - T. 1. – 458 s.
- [7] Djekson R.G. Noveishie datchiki. Spravochnik / per. s angl. - M.: Tehnosfera, 2007. - 380 s.
- [8] Fraiden Dj. Sovremennie datchiki. Spravochnik / per. s angl. - M.: Tehnosfera, 2005. - 592 s.
- [9] Busurin V.I., Nosov Yu.R. Volokonno-opticheskie datchiki. Fizicheskie osnovi, voprosi rascheta i primeneniya. – M.: Energoatomizdat, 2001. – 256 s.
- [10] Garmash V.B., Egorov F.A., Kolomiec L.N., Neugodnikov A.P., Pospelov V.I. Vozmozhnosti, zadachi i perspektivi volokonno-opticheskikh izmeritelnykh sistem v sovremennom priborostroenii // Specvipusk «Foton-Ekspress» - Nauka. – M.: FE, 2005. - №6. – S. 128-140.
- [11] Gulyaev Yu.V., Nikitov S.A., Potapov V.T., Chamorovskii Yu.K. Volokonno-opticheskie tehnologii, ustroystva, datchiki i sistemi // Specvipusk «Foton-Ekspress» - Nauka. - M.: FE, 2005. -№6. - S. 114 – 127.
- [12] Gromov V.S. Mnogofunkcionalnii datchik dlya elektronnykh sistem sbora dannykh // Elektronika: Nauka, tehnologiya, biznes. - 2006. - №5. S. 96-101.
- [13] Pat. 2091578 Rossiiskaya Federaciya, MPK8 G01K7/16. Sposob izmereniya davleniya i temperaturi odnim datchikom i ustroystvo dlya ego osuschestvleniya / Kolovertnov Yu. D., Kolovertnov G. Yu. i dr.; zayavitel Ufimskii Gosudarstvennii neftyanoi tehnikeskii universitet. – № 1995 128278/14; zayavl. 04.10.95; opubl. 27.09.97, Byul. № 5.
- [14] Pat. 2145064 Rossiiskaya Federaciya, MPK8 G01L9/12_ G01K7/34. Datchik davleniya i temperaturi i sposob ego izgotovleniya / Kazaryan A.A.; zayavitel Centralnii aerogidrodinamicheskii institut im. prof. N.E. Jukovskogo. - № 98115608/28, zayavl. 13.08.1998; opubl. 27.01.2000, Byul. № 7.
- [15] Pat. 7421905 V2 US, G01L 1/24. Optical sensor with co-located pressure and temperature sensors / Paul S. Zerwekh, Daniel C. Blevins, Clark D. Boyd, Brooks Childers. - № 10/570049, zayavl. 17.03.2005; opubl. 28.02.2006.

^{1,2}Н.К. Смайлов*, ^{1,2}С.Ж. Көшкінбаев, ¹А.М. Базарбай, ^{1,2}А.А. Абдыкадыров, ²А.О. Кабдолдина, ³М.Ж. Кошкинбаева

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²У.А.Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты, Алматы, Қазақстан

³Мирас университеті, Шымкент, Қазақстан
*e-mail: nur_aly.kz@mail.ru

БІРІКТІРІЛГЕН ҚЫСЫМ ЖӘНЕ ТЕМПЕРАТУРА ДАТЧИКТЕРІ ҮШІН КҮШ ЖӘНЕ ЖЫЛУ ПАРАМЕТРЛЕРІН ТҮРЛЕНДІРУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Андатпа. Бұл мақалада біріктірілген қысым мен температура сенсорлары үшін қуат пен жылу параметрлерін түрлендіру әдістері қарастырылған. Жұмыста жылдамдықтың қысымның өзгеруіне тәуелділігі көрсетілген, яғни тәуелділіктің сипаты $p(t)$, үш нұсқаға азайтылған қысымды өлшеу міндеттерінің әртүрлілігін көрсету ұсынылады: статикалық және баяу өзгеретін қысымды өлшеу, жылдам өзгеретін қысымды өлшеу және импульстік қысымды өлшеу.

Статикалық және баяу өзгеретін процестерді өлшейтін датчиктер мен жүйелерге қойылатын ең қатаң метрологиялық талаптар көрсетілген. Техникалық міндет - өлшеу құралын жетілдіру. Техникалық нәтиже - қосымша температура қатесін ескере отырып, қысымды өлшеу дәлдігін

арттыру. Бұған жарық бөлгіштер, микролинзалар, микропозиционист, коллимациялаушы линза, температураны өлшеуге арналған алюминийден жасалған бір режимді жұмыс талшығы, линзаларды жинауға арналған топса, фотодетектор, сигнал күшейткіші, өңдеу блогы және жылу компенсациясы тізбегі сияқты танымал құрылғылар кіреді.

Негізгі сөздер: біріктірілген датчик, дифференциалды қысым, сигнал күшейткіші, сезімтал элемент, түрлендіру әдістері, қысым.

^{1,2}N.K. Smailov*, ^{1,2}S.Zh. Koshkinbayev, ¹A.M. Bazarbay, ^{1,2}A.A. Abdykadyrov, ²A.O. Kabdoldina, ³M. Zh. Koshkinbaeva

¹Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

²U.A.Dzholdasbekov Institute of Mechanics and mechanical Engineering Republic of Kazakhstan

³Miras University, Shymkent, Kazakhstan

*e-mail: nur_aly.kz@mail.ru

INVESTIGATION OF METHODS FOR CONVERTING POWER AND THERMAL PARAMETERS FOR COMBINED PRESSURE AND TEMPERATURE SENSORS

Absrtact. This article discusses methods for converting power and thermal parameters for combined pressure and temperature sensors. The paper shows the dependence of the velocity on the pressure change, i.e. the nature of the $p(t)$ dependence. It is Proposed to show a variety of pressure measurement problems that are reduced to three options: measurement of static and slow-changing pressures, measurement of fast-changing pressures, and measurement of pulse pressures.

The most stringent metrological requirements for sensors and systems that measure static and slow-changing processes are shown. The technical task is to improve the measuring device. The technical result is an increase in the accuracy of the pressure measurement, taking into account the additional temperature error. This includes well-known devices such as light separators, microlenses, a micropositioner, a collimating lens, a single-mode working fiber with an aluminum coating for temperature measurement, a hinge for collecting lenses, a photodetector, a signal amplifier, a processing unit, and a thermal compensation circuit.

Keywords: combined sensor, differential pressure, signal power amplifier, sensitive element, conversion methods, pressure.