

Новые датчики высокого давления Honeywell серии PX3 – экономичность, прочность, универсальность



Датчики давления американской компании Honeywell, ведущей свою историю с 1906 года, хорошо известны на рынке и завоевали свою популярность благодаря широкой номенклатуре и высокой надежности. Они находят свое применение в самых разнообразных отраслях индустрии таких как - аэрокосмическая, медицинская, транспортная, сельскохозяйственная, пищевая, в том числе и в коммунальном хозяйстве. Предлагаемая компанией новая серия датчиков давления PX3 предназначена для тяжелых условий эксплуатации, где компактность, коррозионная стойкость и долговечность является главным приоритетом.

Введение

Компания Honeywell выпустила серию PX3, как ответ на требования рынка, учитывая общую тенденцию к использованию компактных, экономичных, универсальных и механически прочных датчиков высокого давления для тяжелых условий эксплуатации. Такие датчики востребованы в первую очередь, что естественно, для контроля в гидравлических системах и для управления компрессорами. Они используются в системах охлаждения, отопления, вентиляция, кондиционирование воздуха, в воздушных компрессорах, системах регулирования давления тормозного и моторного масла, для управления насосами и клапанами.

Принцип работы и особенности датчиков давления серии PX3

Новая серия датчиков, как и предыдущие серии этого направления применения, выполнена на базе пьезорезистивной технологии, но расширяет диапазон измерения давления до 1–50 бар.

Пьезорезистивные датчики давления широко признаны в качестве недорогих, но тем не менее эффективных решений, они сравнительно дешевле, чем емкостные датчики давления, благодаря особенностям конструктивного решения и характеристик измерения. Именно поэтому они находят самое широкое применение.

Пьезорезистивный эффект - это изменение удельного электрического сопротивления полупроводника или металла при механическом воздействии. Пьезорезистивные датчики давления выполняются по технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС). Они удобны к применению и сравнительно более точны по отношению к размерам и весу. Кроме того, они обеспечивают высокую чувствительность и лучшую линейность, а их конструкция позволяет повысить надежность и гарантировать долгий срок службы в самых жестких условиях среды эксплуатации.

Пьезорезистивные датчики состоят из чувствительной мембраны и установленных на ней резистивных элементов (активный элемент – Si или поли-Si) (Рисунок 1b и 1c), образующих измерительный мост Уитстоуна (Рисунок 1a) [2].

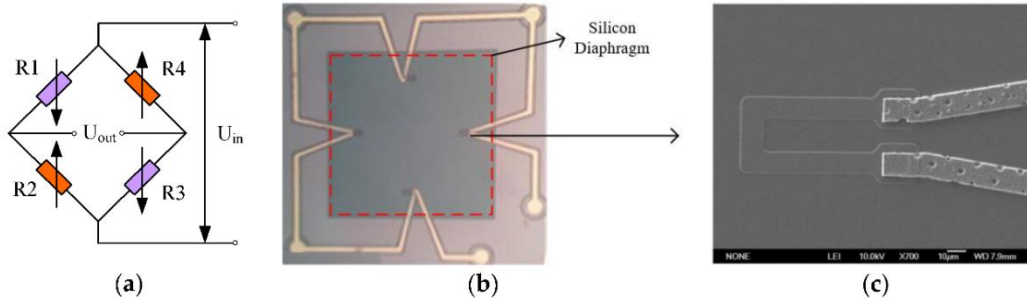


Рисунок 1. Эквивалентная схема и структура чувствительной к давлению микросхемы: (а) схема моста Уитстона; (б) вид сверху чипа; (в) увеличенный вид пьезорезистора.

При колебании давления происходит деформация мембраны, что влечет изменение удельного сопротивления и, в свою очередь, изменяет уровень выходного сигнала относительно входного. Таким образом, принцип действия пьезорезистивных датчиков давления основан на способности активного элемента изменять удельное сопротивление при его деформации.

Функции калибровки и компенсации обеспечиваются специально разработанными специализированными интегральными схемами (ASIC). Активные цепи усиливают выходное напряжение пьезорезистивного моста до стандартных уровней напряжения КМОП микросхем (0–5 В). Они также исправляют ошибки температуры и нелинейности. Коэффициенты ошибок, характерные для отдельных датчиков, постоянно хранятся во встроенной электрически программируемой памяти. В общем виде конструкция такого датчика представлена на Рисунке 2 [2].

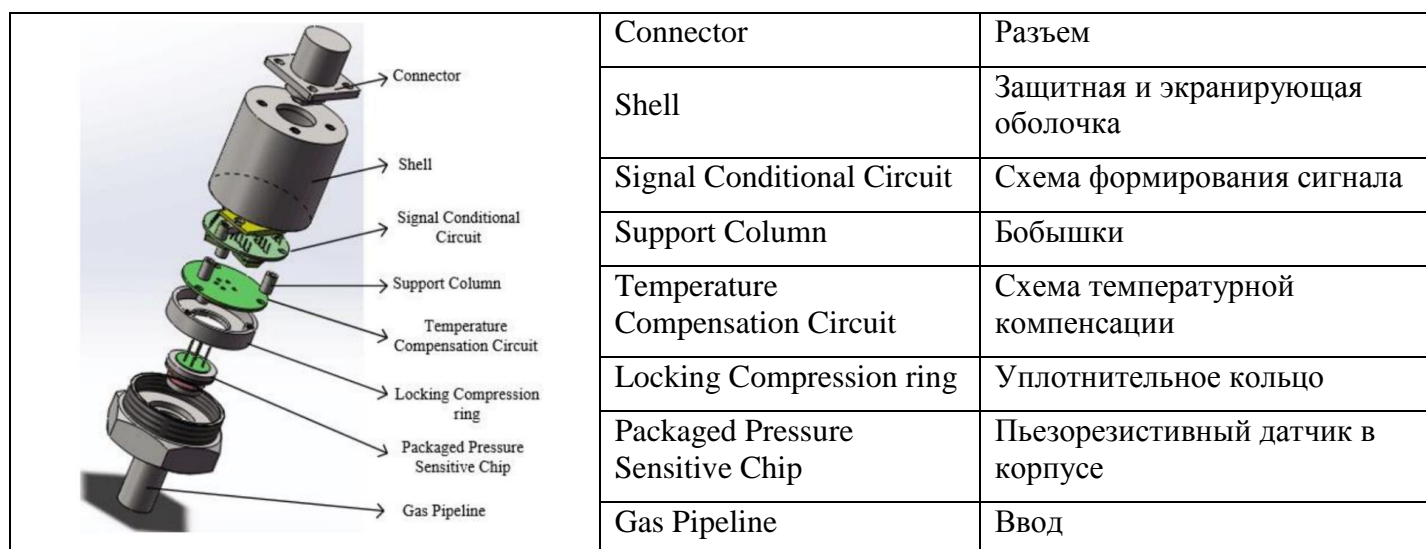


Рисунок 2. Общий вид сборки пьезорезистивного датчика давления со встроенной схемой температурной компенсации и формирования сигнала.

Датчики давления Honeywell серии PX3 (Рисунок 3) оснащены латунным корпусом и, чтобы помочь конечным пользователям минимизировать затраты на их внедрение, имеют несколько конфигураций монтажа и подключения. Что касается потребности именно в малогабаритных и экономичных датчиках давления, то она связана с необходимостью оптимизировать эффективность систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также холодильных систем, с целью использовать в них новые хладагенты.

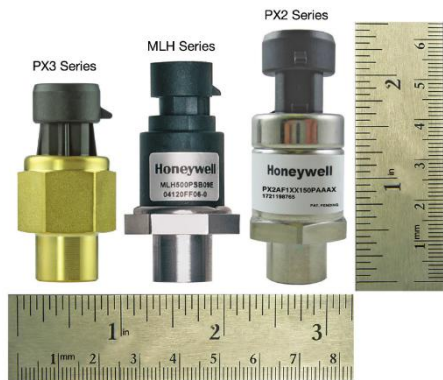


Рисунок 3. Базовый вариант датчика давления серии PX3 (крайний слева) компании Honeywell в сравнении с датчиками предыдущих серий.

Проблема в том, что нормативно-правовое регулирование в этом секторе требует перехода на более безопасные для экологии и не несущие угроз климату хладагенты. Новые датчики давления Honeywell как раз отвечают этим требованиям, предлагая разработчикам систем, производителям оригинального оборудования и конечным пользователям возможность использовать хладагенты на базе новой технологии с использованием гидрофторолефинов (ГФО) с ультранизким потенциалом глобального потепления¹ при высокой энергоэффективности.

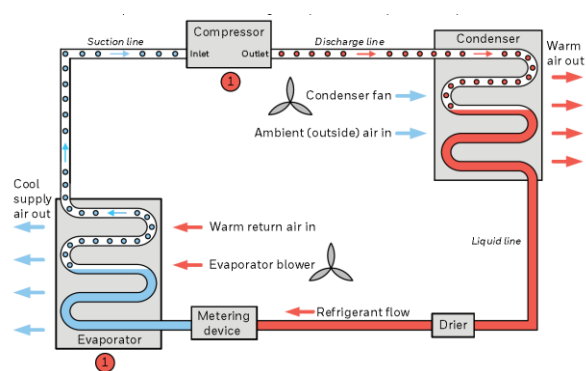
Внесенные изменения в конструктивное исполнение новой серии датчиков позволяет ей надежно и долговечно работать со многими хладагентами следующего поколения, включая R448A - замену R404A под маркой Honeywell Solstice N40 [1]. Кроме того, серия PX3 также обеспечивает морозоустойчивость (допускает многократное обледенение и размораживание), имеет широкий диапазон рабочих температур и долговечную конструкцию с высокой помехоустойчивостью.

Практические примеры применения датчиков

Важным условием для надежной работы датчиков высокого давления является правильный выбор среды, в которой и для которой они должны использоваться [4]. Несмотря на то, что среда с которой и в которой используется датчик, изначально может быть совместимой с используемыми в его конструкции материалами, некоторые среды претерпевают с течением времени могут претерпевать те или иные химические. Примером такого изменения является случай, когда совместимый газ, такой как диоксид азота (NO_2). В сочетании с высокой влажностью он образует азотную кислоту (HNO_3), которая при определенных концентрациях травит кремниевый датчик, что приводит к изменению показаний датчика.

¹ Потенциал глобального потепления, англ. Global Warming Potential, GWP - коэффициент, определяющий степень воздействия различных парниковых газов на глобальное потепление.

В качестве примера рассмотрим две основные области применения датчиков серии PX3. Первая – это их использование в промышленных холодильных системах [5] (Рисунок 4).



Надписи:

Suction line	Всасывающая линия
Compressor	Компрессор
Discharge line	Нагнетательный трубопровод
Inlet	Впуск
Outlet	Выход
Condenser	Конденсатор
Warm air out	Нагретый воздух
Condenser fan	Вентилятор конденсатора
Liquid line	Трубопровод жидкого хладагента
Cool supply air out	Охлажденный воздух
Warm return air in	Возврат теплого воздуха
Evaporator blower	Вентилятор испарителя
Refrigerant flow	Поток хладагента
Drier	Осушитель
Metering device	Дозатор
Evaporator	Испаритель

Рисунок 4. Типовая промышленная холодильная установка. Места установки датчиков давления серии PX3 указана как 1.

Холодильная установка работает по обратному циклу Карно, в таких циклах работа сжатия превышает работу расширения. Соответственно для перехода теплоты от тела с меньшей температурой к телу, температура которого выше, холодильная машина должна получать механическую энергию от внешнего источника. В компрессоре осуществляется сжатие насыщенного пара, в результате чего его температура повышается и пар переходит в перегретое состояние. Затем пар поступает в охладитель (конденсатор), где за счет его обдува воздухом происходит конденсация пара. Образовавшаяся жидкость поступает в холодильную камеру где, испаряясь, отнимает теплоту из возвратного воздуха и опять превращается в газ.

Холодильный цикл работает потому, что при переходе хладагента из одного состояния в другое происходит значительное выделение или поглощение скрытой энергии. Контролируя давление хладагента, можно регулировать температуру изменения фазы. При низком давлении хладагент из жидкого состояния превращается в газ и поглощает скрытую тепловую энергию при более низкой

температуре. При высоком давлении газ хладагента может превращаться из газа в жидкость при более высоких температурах, высвобождая скрытую энергию. Из-за высокой стоимости энергии холодильные системы должны быть эффективными. Управление давлением на стороне высокого и низкого давления в соответствии с потребностями в охлаждении повысит эффективность системы и поможет снизить энергозатраты.

Датчики давления серии PX3 компании Honeywell предназначены для непрерывного контроля давления на выходе компрессора и давления на выходе испарителя, что обеспечивает контроль поток хладагента. В отличие от предыдущей серии датчики серии PX3 разработана для более эффективного противодействия нескольким циклам замерзания-оттаивания без повышения интенсивности отказов (Рисунок 5).



Рисунок 5. Датчики давления серия PX3 компании Honeywell в реальном промышленном холодильном оборудовании.

Следующий пример показывает более широкое применение датчиков давления серии PX3 для работы в жестких условиях потенциального использования в промышленных системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [6].

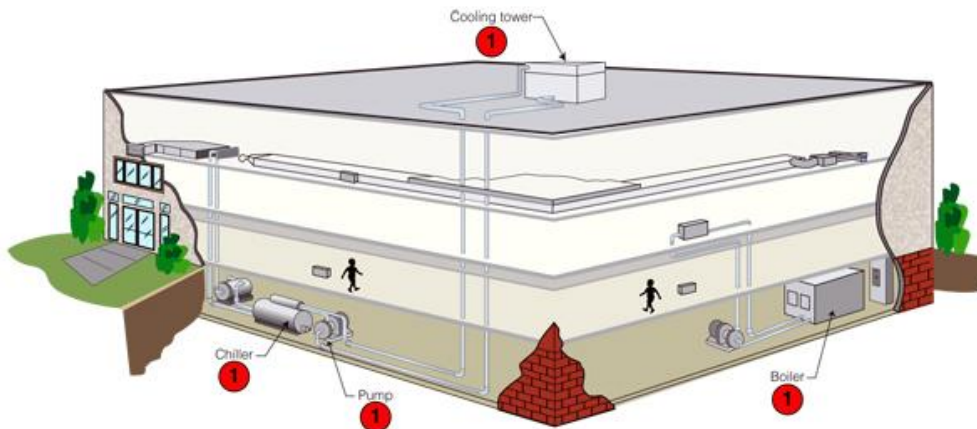
Системы отопления, вентиляции, кондиционирования и охлаждения помогают поддерживать комфортную или приемлемую внутреннюю среду того или иного помещения.

Три компонента системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха это:

1. Отопление: процесс подачи тепла в зону. Система отопления - это использование котла, печи или теплового насоса для нагрева воды, пара или воздуха и их распределения в зоне.
2. Вентиляция: процесс замены воздуха в помещении для изменения температуры и улучшения качества воздуха путем удаления влаги, пыли, дыма и других частиц в воздухе.
3. Кондиционирование воздуха и охлаждение. Тепло можно отводить, поглощая и отводя тепло с помощью цикла охлаждения.

Однако из-за высокой стоимости энергии такие системы кондиционирования должны быть максимально эффективными. Как и в первом рассмотренном нами случае, повысить эффективность и снизить затраты на электроэнергию поможет контроль давления всасывания и нагнетания компрессора в соответствии с потребностями в кондиционировании воздуха.

Оптимальное решение здесь также помогут обеспечить датчики давления серии PX3, которые могут с успехом использоваться для непрерывного контроля давления на выходе компрессора, давления на выходе из охлаждающий теплообменник, а также давления на выходе из змеевика испарителя и давления подачи градирни. Это даст возможность контролировать поток нагревающей / охлаждающей среды в условиях частичной нагрузки (Рисунок 6).



Надписи:

Cooling tower	Градирня
Chiller	Холодильник
Pump	Насос
Boiler	Бойлер

Рисунок 6. Датчики давления серии PX3 для жестких условий эксплуатации в потенциальных применениях в промышленных системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Места установки датчиков давления серии PX3 указана как ①.

Датчики давления серии PX3 совместимы с обычными гидрофторуглеродными (HFC) хладагентами, такими как R410 и R134A. Кроме того, серия PX3 совместима с хладагентами следующего поколения с низким потенциалом глобального потепления, такими как R32, R1234ZE и R448A (Solstice® N40).

Основные технические характеристики датчиков давления серии PX3

В датчиках давления Honeywell серии PX3 [7] используется технология пьезорезистивного измерения с преобразованием сигнала ASIC (специальная интегральная схема). Выполнена в латунном корпусе и электрических соединениях Metri-Pack 150, DIN или с использованием жгутов проводов. Внешний вид вариантов исполнения датчиков давления рассматриваемой серии представлен на Рисунке 7.



Рисунок 7. Варианты исполнения датчиков давления серии PX3 компании Honeywell.

Преимущества датчиков серия PX3:

- Откалибрована и имеет температурную компенсацию для работы в диапазоне рабочих от температур $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $125\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Общее значение суммарной ошибки (ТЭВ) не превышает $\pm 1,0\%$ FSS (величины полного размаха шкалы) в диапазоне температур от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, говорит об истинных характеристиках измерения датчика в заданном температурном диапазоне. Такая малая погрешность повышает работоспособность конечной системы и ее эффективность.
- Более высокое сопротивление изоляции и диэлектрическая прочность: защищает пользователя и датчик в условиях высокого перенапряжения и обеспечивает соответствие устройства отраслевым стандартам.
- Более высокая эффективность ЭМС: работает более надежно в присутствии электромагнитных полей, таких как беспроводные сигналы, радиочастотная связь и электрические устройства.
- Более высокое внешнее сопротивление замерзанию / оттаиванию: выдерживает воздействие мороза, обычно встречающегося в холодильных системах.
- Пониженное потребление тока: помогает снизить энергозатраты и увеличивает срок службы изделия, если используется в системах с батарейным питанием.
- Совместимость со большинством сред, причем как с обычными хладагентами, так и с хладагентами следующего поколения с низким потенциалом глобального потепления.

Что касается вопросов совместимости материалов, используемыми в конструкциях датчиков серии PX3, то согласно [4] датчики были протестированы со следующими типами носители:

- Хладагенты широкого применения
- Хладагент R245fa (Пентафторпропан) и транс-дихлорэтилены
- Фреон R410A
- Моторное масло 10W30
- Хладагент R134A
- Тормозная жидкость DOT3
- Хладагент R1234ZE
- Гидравлическая жидкость
- R32
- Сухой воздух
- Хладагент R448A (Solstice N40)
- Гидравлическое масло DTE 25

Этот список предназначен только для справки и содержит только часть всех носителей, совместимых с датчиками серии PX3, соответственно, заказчик должен определить, совместим ли преобразователь с носителем и подходит ли он для целей конечного применения. Серия PX3 не рекомендуется для использования со средами, включающими воду и насыщенный водой воздух, включая пар, а также со средами и содержащими аммиак.

Отличия от конкурентных датчиков:

- Дополнительный режим диагностики: полезен в тех случаях, когда критически важна функциональность датчика и необходимость знать режимы внутреннего или внешнего сбоя.
- Разные варианты исполнения обеспечивают гибкость использования в приложении без дополнительных расходов.
- Долговечность: обеспечивает работоспособность в условиях жесткой окружающей среде
- Высокое сопротивление изоляции и диэлектрическая прочность
- Устойчивость к замерзанию-оттаиванию
- Выполнение требований по электромагнитной совместимости с высокой помехоустойчивостью (до $\pm 1000\text{ В}$ относительно земли) согласно стандарту IEC 61000-4-5

- Выход 4–20 мА с температурной компенсацией до температуры 125 °С.

Основные технические характеристики:

- Диапазон измерения давления: от 1 до 50 бар (для абсолютного – absolute и относительного измерения - sealed gage)
- Ратиометрическое² выходное напряжение: от 0,5 до 4,5 В или от 0,33 до 2,97 В.
- Выход для подключения в токовую петлю от 4 мА до 20 мА поддерживает передачу выходных сигналов на большие расстояния
- Поступает откалиброванный на заводе-изготовителе и с температурной компенсацией
- Сопротивление изоляции: > 100 МОм, 1500 В пост. Тока (в сухом, неионизированном воздухе)
- Диэлектрическая прочность: 1500 В (АС), 1 мин. или 1800 В (АС), 1 с (в сухом, неионизированном воздухе)
- Потребляемый ток: 3,5 мА макс.
- ЭМС согласно ISO 11452-2 (устойчивость к излучаемому радиочастотному электромагнитному полю): 200 В/м (для ратиометрического выхода), 140 В/м (для токового выхода)
- Степень защиты IP67 (разъем Metri-Pack), IP69K (жгут проводов), IP65 (разъем DIN)
- Соответствует требованиям RoHS, REACH и CE
- Шесть стандартных типов портов давления, включая трубный порт, который обеспечивает герметичное соединение со средой измерения.

Примечание:

1. При измерении абсолютного давления (absolute) выход датчика калибруется так, чтобы быть пропорциональным разнице между приложенным давлением и фиксированной привязкой к идеальному вакууму (абсолютное нулевое давление).

2. Конструкция датчика для измерения в режиме относительного измерения давления (sealed gage) идентична абсолютной версии со встроенным эталоном при нулевом давлении, что позволяет минимизировать погрешность измерения по температуре. Выход откалиброван так, чтобы быть пропорциональным разнице между приложенным давлением и эталоном в одну стандартную атмосферу (подробнее пример и график см. [7]).

Полная информация по датчикам давления серии PX3 компании Honeywell приведена в спецификации [7], а указания по их монтажу в техническом документе [8].

Литература:

1. Honeywell sensors help reduce energy costs // <https://www.coolingpost.com/products/honeywell-sensors-help-reduce-energy-costs/>
2. Zong Yao, Ting Liang, Pinggang Jia, Yingping Hong, Lei Qi, Cheng Lei, Bin Zhang and Jijun Xiong. A High-Temperature Piezoresistive Pressure Sensor with an Integrated Signal-Conditioning Circuit // <https://www.mdpi.com/1424-8220/16/6/913/htm>
3. Heavy Duty Pressure Transducers Line Guide. 008154-15-EN, 2019 Honeywell International Inc. // <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-heavy-duty-pressure-transducers-lineguide-008154-15>
4. Media Compatibility for Heavy Duty Pressure Transducers, PX2 Series and PX3 Series. A Technical Note. 008254-6-EN 2018 Honeywell International Inc. // <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing->

² Особенностью ратиометрического выходного сигнала является зависимость значения сигнала от напряжения питания. То есть, сигнал является безразмерным и представляет собой процентное отношение к напряжению питания. Если же напряжение питания изменится, то пропорционально ему изменится и выходной сигнал.

[heavy-duty-pressure-transducers-px2-series-px3-series-media-compatibility-technical-note-008254-6-en2.pdf](#)

5. PX2 Series and PX3 Series Heavy Duty Pressure Transducers for Potential Use in Industrial Refrigeration. 008256-5-EN 2018 Honeywell International Inc. // <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-heavy-duty-pressure-transducers-px2-series-px3-series-industrial-refrigeration-application-note-008256-5-en2.pdf>

6. PX2 Series and PX3 Series Heavy Duty Pressure Transducers for Potential Use in Industrial HVAC/R Applications. An Application Note. 008255-5-EN 2018 Honeywell International Inc. // <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-heavy-duty-pressure-transducers-px2-px3-series-hvacr-application-note-008255-5-en2.pdf>

7. Heavy Duty Pressure Transducers PX3 Series, 1 bar to 50 bar | 15 psi to 700 psi. 32313757 Issue F. 32313757-F-EN 2019 Honeywell International Inc. // <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-heavy-duty-pressure-px3-series-datasheet-32313757.pdf>

8. Installation Instructions for the Heavy Duty Pressure Transducers PX3 Series, 1 bar to 50 bar | 15 psi to 700 psi. 32313758 Issue F. 32313758-F-EN 2019 Honeywell International Inc. // <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-heavy-duty-pressure-px3-series-installation-instructions-32313758.pdf>