

Прецизионные кварцевые датчики с частотным выходом для измерения давления и температуры

Авторы: Поляков А. В., Заднепрятный И. Е., Поляков В. Б., Симонов В. Н.

На протяжении последних двух десятилетий ряд ведущих зарубежных компаний в области геофизического приборостроения, например, такие как Schlumberger, Spartek Systems и др., коренным образом преобразовали всю технологию геофизических исследований скважин. Эта перестройка базировалась на широком использовании ЭВМ, цифровой регистрации каротажных данных, комплексировании измерений.

В настоящее время при решении промышленных задач все острее ставится вопрос о сокращении времени исследования скважин. При этом как в России, так и за рубежом, наиболее перспективным является создание комплексных приборов с многоканальной системой передачи информации и совершенствование способов ее передачи и обработки. Поэтому сейчас при создании современных скважинных приборов широко применяются микропроцессоры, микро-ЭВМ и цифровые телеметрические линии связи, позволяющие реализовать перспективные принципы передачи информации.

Современная телесистема многоканальной комплексной скважинной аппаратуры характеризуется жесткими требованиями по надежности и высокой интенсивностью межмодульного обмена информацией и ее достоверностью. Причем, в отличие от традиционных ГИС, термогидродинамические методы исследования скважин сопровождаются измерением небольших аномалий и приращений давлений, температуры расхода и состава продукции. Это, в свою очередь, предъявляет высокие требования к чувствительности и точности скважинных преобразователей и системе передачи информации. Поэтому, при выборе телеметрической линии связи для приборов контроля за разработкой необходимо учитывать эти особенности и исходить из анализа выходных параметров первичных преобразователей. В связи с вышеизложенным, наличие первичного преобразователя с частотным выходом, при этом имеющего высокие метрологические характеристики, позволило бы существенно упростить схемотехнику и улучшить соотношение «цена/достоверность полученных данных» скважинных приборов.

Анализируя сегодняшнюю ситуацию на рынке первичных преобразователей давления, можно выделить следующие основные принципы действия этих преобразователей: пьезорезисторные, пьезоэлектрические (включая пьезорезонансные), емкостные. Остановимся на пьезорезонансных кварцевых преобразователях.

Используя кварцевые резонаторы-сенсоры, частота которых изменяется с воздействием на них давления и температуры, ряд зарубежных фирм (таких, как: Quartzdyne, Spartek Systems и др.) разрабатывает и производит ряд прецизионных преобразователей давления и температуры. Кварцевые преобразователи давления имеют ряд существенных преимуществ перед аналоговыми. Эти преимущества обусловлены, прежде всего, высокой долговременной стабильностью кварца, из которого изготовлен чувствительный элемент преобразователей, и наличием частотного выходного сигнала, позволяющих: получить высокую разрешающую способность (порядка 0,001 % ВПИ), высокую точность измерения параметров (порядка 0,01 % ВПИ), исключить из измерительной схемы дорогостоящий АЦП, оперировать сигналом с помощью микропроцессора. Кроме этого кварцевые преобразователи имеют высокую надежность и низкое энергопотребление.

Российские предприятия также проводят опытно-конструкторские работы по созданию прецизионных скважинных кварцевых преобразователей температуры и давления, обладающих техническими характеристиками, близкими к зарубежным аналогам, но более привлекательных по стоимости.

На данный момент фирмой ООО «СКТБ ЭлПА» г. Углич и предприятиями-партнерами, такими как: ООО «Инсенс» г. Москва, ОАО «Авангард-Элионика» г. Санкт-Петербург, ГНЦ ФГУП «НИИТеплоприбор» г. Москва, ОАО «Теплоприбор» г. Рязань и др.) разрабатываются пьезорезонансные чувствительные элементы (ЧЭ) и датчики на их основе, которые имеют или предполагают наличие частотного выходного сигнала, зависящего от измеряемого параметра (температуры; давления).

ЧЭ и датчики можно классифицировать следующим образом:

Барочувствительные.



Рис.1. Резонатор кварцевый манометрический абсолютного давления РКМА-Р

Резонаторы кварцевые манометрические абсолютного давления (РКМА), основой которых является силочувствительный резонатор, который помещен в кварцевый корпус. Размеры РКМА 25x23xH или 12x11xH (рис. 1).

На базе этих ЧЭ разработаны:

- преобразователи для измерения давления неагрессивных газов:

- верхний предел измерений абсолютного давления МПа 0,1; 0,16; ... 30,0;
- рабочий диапазон температур, град С – 40 ... 100
- нелинейность < 0,4 %;
- погрешность измерения с температурной компенсацией %: 0,06; 0,1; 0,15;
- габариты \varnothing 57 x 99 мм, нержавеющая сталь (рис. 2).

- преобразователи гидростатического давления для измерения давления пресной и морской воды:

- верхний предел измерений, м вод. ст. 5; 10; ... 600;
- рабочий диапазон температур град С – 5 ... 60
- нелинейность < 0,5 %
- погрешность измерения с температурной компенсацией %: 0,08; 0,1; 0,15;
- габариты \varnothing 48 x 362 мм, нержавеющая сталь (рис. 3).



Рис.2. Преобразователь давления и температуры кварцевый ПДТК-Р



Рис.3. Преобразователь гидростатического давления и температуры кварцевый ПДТК-Р-МГ. Совместная разработка с ЗАО "Авангард-Элионика" г. Санкт – Петербург.

скважинные преобразователи давления и температуры:

- верхний предел измерений абсолютного давления МПа 40,0; 60,0;
- рабочий диапазон температур град С - 20 ... 135;
- нелинейность < 0.5 %;
- погрешность измерения с температурной компенсацией %: 0,06; 0,1; 0,15; 0,25;
- габариты о 32 x 217 мм, нержавеющая сталь (рис. 4).



Рис.4. Прецизионный кварцевый преобразователь давления и температуры ПДТК-60.0-МС-10 (опытный образец). Габариты: 0 32 x 217 мм, корпус - нержавеющая сталь. Диапазон рабочих давлений: 0...40,0; 60,0 МПа. Диапазон рабочих температур: -20...+ 135 °С. Нелинейность < 0.5 %. Погрешность измерения с температурной компенсацией %: 0,06; 0,1; 0,15, 0,25

Температурные.

Резонаторы кварцевые термочувствительные РКТ 206 и РКТВ206:

- металлический корпус о 2x6 мм;
- разрешающая способность 0,01 град С;
- воспроизводимость характеристики не хуже 0,03 град С;
- рабочий диапазон температур, град С - -60 .. +370 (рис. 5);
- инерционность менее 5 сек.
- на базе термочувствительных резонаторов РКТ206 выпускаются датчики температуры в различных исполнениях (рис. 6):
- рабочий диапазон температур, град С - -60 .. 210;



Рис.5. Резонаторы кварцевые термочувствительные РКТ206 и РКТВ206

- основная погрешность не более, град С: 0,1; 0,3; 0,5. Сейчас ведутся разработки по созданию термочувствительного резонатора с верхним пределом измеряемой температуры 500 град С и 800 град С, с сохранением метрологических характеристик указанных выше для РКТ206.

Также ведется разработка датчика для измерения уровня нефтепродуктов для АЗС и скважинного датчика диаметром 28 мм и даже 20 мм.



Рис.6. Преобразователь температуры кварцевый ПТК

Имеется возможность применения барочувствительных элементов в датчиках для контроля параметров устья скважины, и сейчас ведутся работы по созданию конструкции такого датчика.

В связи с постоянно изменяющимися требованиями рынка первичных ЧЭ и датчиков специалисты ООО «СКТБ ЭлПА» и ООО «ИНСЕНС» постоянно совершенствуют и ведут новые разработки технологий и конструкций ЧЭ и датчиков на их основе.