

**Применяя защиту Duraband NC
в этой партии, российские
буровики начинают
и выигрывают**

Армирующие пояски Duraband NC обеспечивают превосходную защиту от износа бурильных труб и обсадной колонны – статья с подробной информацией в этом номере



Точное дистанционное измерение давления и температуры тензопреобразователями на основе структур КНС

EXACT DISTANT MEASUREMENT OF PRESSURE AND TEMPERATURE WITH PIEZORESISTIVE TRANSDUCERS BASED ON SOS STRUCTURES

V. STUCHEBNIKOV, Y. VASKOV, A. PIROGOV, A. USTINOV, «Microelectronic sensors and devices MIDA» JSC

В.М. СТУЧЕБНИКОВ,
д.т.н., профессор, генеральный директор

Ю.А. ВАСЬКОВ,
ведущий инженер

А.В. ПИРОГОВ,
главный научный сотрудник

А.А. УСТИНОВ,
младший научный сотрудник

ЗАО «Микроэлектронные датчики и устройства»

mida@mv.ru

Using piezoresistive transducers based on SOS structures it is possible to simultaneously measure pressure and temperature with high accuracy ($\pm 0.3\%$ and $\pm 1^\circ\text{C}$ correspondingly) in temperature range $20\text{--}200^\circ\text{C}$. The transducers are developed for measurement in gas and oil wells.

Keywords: transducers, SOS, pressure, temperature, wells

Дистанционное измерение давления и температуры, особенно в области повышенных температур, вызывает все больший интерес в связи с активным использованием измерительных преобразователей при эксплуатации нефтяных и газовых скважин. Как правило, при этом используются разные преобразователи для измерения давления и температуры, что приводит к усложнению измерительной аппаратуры. Особенно большие проблемы возникают при измерениях при высоких температурах (более 150°C), когда невозможно разместить электронные преобразователи сигнала рядом с первичными преобразователями и приходится передавать электрический сигнал непосредственно от первичного преобразователя по кабелю в зону размещения аппаратуры обработки сигнала.

В высокоточных датчиках давления на основе структур КНС, выпускаемых Промышленной группой МИДА [1], для коррекции температурной погрешности используется температурная зависимость сопротивления мостовой схемы тензопреобразователя (ТП) [2]. Эту температурную зависимость можно также

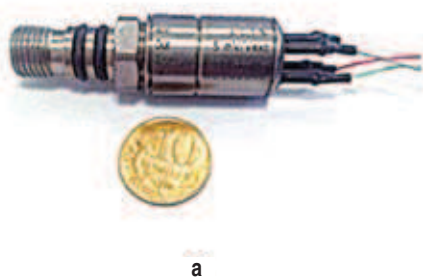
использовать для определения температуры измеряемой среды (если измеряемая среда имеет практически одинаковую температуру с чувствительным элементом ТП). Такие датчики, измеряющие одновременно давление и температуру теплоносителя, много лет используются в системе контроля отопления ПГ МИДА.

В ПГ МИДА разработаны и выпускаются тензопреобразователи давления ПА-82 для измерения давления в скважинах (рис. 1а). По просьбе потребителей были проведены испытания таких преобразователей в диапазоне температур $20\text{--}200^\circ\text{C}$ с целью определения точности одновременного измерения давления и температуры. Для испытаний использовались 10 образцов преобразователей ПА-82 на диапазон измерения 600 кгс/см^2 , которые прошли дополнительную стабилизацию параметров. Нагрузочные характеристики снимались по 5 точкам нагружения давлением через каждые 20°C при повышении и понижении температуры. Измерения проводились в двух режимах питания – постоянным напряжением U и постоянным током I . Схемы включения тензорезисторных мостов при этих режимах показаны на рис. 1б,в.

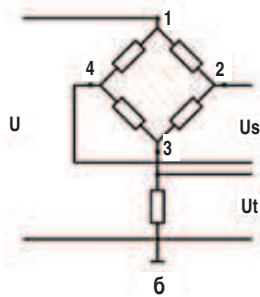


Используя тензопреобразователи на основе структур КНС, можно измерять одновременно с высокой точностью давление ($\pm 0,3\%$) и температуру ($\pm 1^\circ\text{C}$) в интервале температур $20\text{--}200^\circ\text{C}$ в газовых и нефтяных скважинах.

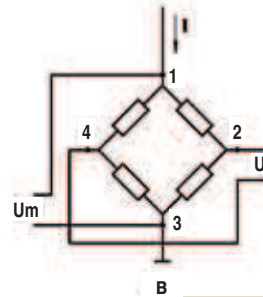
ЗАО «МИДАУС»
432012, г. Ульяновск, а/я 5370
Тел.: (8422) 36-03-63, 36-03-72
Факс: (8422) 36-06-80
E-mail: mida@mv.ru www.midaus.com



а



б



в

Рис. 1. Внешний вид ПА-82 (а) и разные схемы включения (б,в)

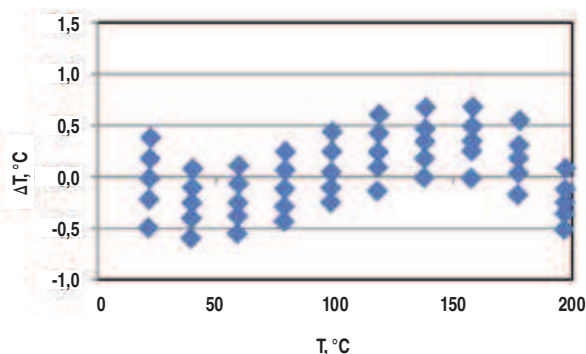
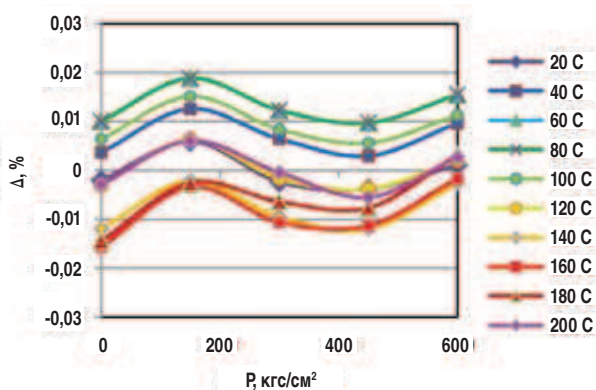


Рис. 2. Погрешности расчета давления и температуры при питании напряжением

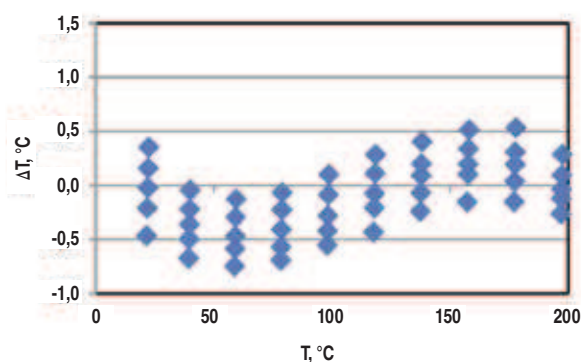
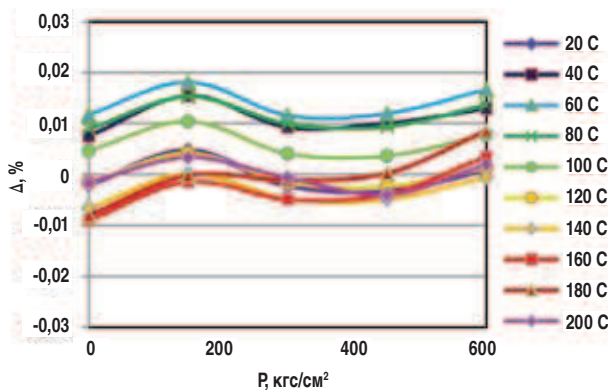


Рис. 3. Погрешности расчета давления и температуры при питании током

Особенности используемых в преобразователях тензочувствительных элементов из структур «Кремний на сапфире» (КНС) [3] позволяют аппроксимировать зависимости выходных сигналов квадратичными функциями, используя, соответственно, результаты измерений только при трех температурах (в нашем случае 20, 120 и 200 °С). Данные при остальных температурах использовались для проверки точности аппроксимации.

Аппроксимирующие функции для расчета давления $P_{расч}$ и температуры $T_{расч}$ имеют следующий вид:

$$P_{расч} = [A + B \cdot (f_p) + C \cdot (f_p)^2 + D \cdot (f_t)^2 + E \cdot (f_p)^2 + F \cdot (f_t) \cdot (f_p) + G \cdot (f_t)^2 \cdot (f_p)^2 + H \cdot (f_t)^2 \cdot (f_p) + K \cdot (f_t)^2 \cdot (f_p)^2] \cdot P_d,$$

$$T_{расч} = L + M \cdot (f_t) + N \cdot (f_t)^2,$$

где A, B, \dots, N – коэффициенты аппроксимации, P_d – диапазон измерения давления.

Функции давления f_p и температуры f_t имеют вид:

– при питании постоянным напряжением: $f_p = U_p / U_s$; $f_t = U_t$;

– при питании постоянным током: $f_p = U \cdot U_s / (U_m + I \cdot R_v)$;

$f_t = U \cdot I \cdot R_v / (U_m + I \cdot R_v)$,

где R_v – значение виртуального резистора, включенного последовательно с мостовой схемой.

Полученные типичные результаты – отклонения расчетных значений давления $P_{расч}$ и температуры $T_{расч}$ от заданных P и T : $\Delta = (P_{расч} - P) / P_d$, $\Delta T = (T_{расч} - T)$ – приведены на рис. 2 и 3 для двух приборов при питании напряжением и током соответственно. Как видно, во всем интервале температур 20 – 200 °С погрешность расчета давления не превышает $\pm 0,03\%$ и погрешность расчета температуры не превышает ± 1 °С при питании тензосхемы как постоянным напряжением, так и постоянным током.

Питание постоянным напряжением предпочтительно, когда есть возможность поместить электрони-

ку рядом с преобразователем давления, при этом минимально влияние различных наводок на передачу сигнала от преобразователя, проще алгоритм обработки сигнала, а наверх может выводиться помехоустойчивый цифровой сигнал. Питание постоянным током необходимо, когда нет возможности обработки выходного сигнала преобразователя в зоне его расположения, поскольку в этом случае убирается зависимость питания от величины сопротивления кабеля, по которому поступает питание и передается сигнал с поверхности.

Литература

1. [Электронный ресурс]. URL <http://www.midaus.com>.
2. Васков Ю.А., Емельянов Г.А., Козлов В.И. Цифровой метод коррекции температурной погрешности тензопреобразователей давления на основе структур «Кремний на сапфире». // Радиотехника: межвузовский сборник научных трудов. Ульяновск: УлГТУ, 2009. С. 72 – 79.
3. Стучебников В.М. Структуры «Кремний на сапфире» как материал для тензопреобразователей механических величин // Радиотехника и электроника. 2005. Т. 50, №6. С. 678 – 696.

Literature

1. [Electronic resource]. URL <http://www.midaus.com>.
2. Vaskov Yu.A., Emelyanov G.A., Kozlov V.I. Digital method of correction of temperature error of piezoresistive pressure transducers based on structures «Silicon on sapphire» // Radio-electronic technology: interuniversity collection of scientific works. Ulyanovsk, UISTU. 2009. Pp. 72 – 79.
3. Stuchebnikov V.M. Silicon-on-Sapphire Structures as a Material for Piezoresistive Mechanical Transducers // Journal of Communications Technology and Electronics, Vol. 50, No. 6, 2005, Pp. 622–637. Translated from Radiotekhnika i Elektronika, Vol. 50, No. 6, 2005, Pp. 678 – 696. ■

Ключевые слова: тензопреобразователь, КНС, давление, температура, скважины