

УДК 004.621.391:004.4

Ас.Г. РЗАЕВ, М.Х. ДЖАПАРОВ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МЕЖТРАВЕРСНЫЙ ДАТЧИК УСИЛИЯ НА БАЗЕ ДАТЧИКА ХОЛЛА ДЛЯ ШТАНГОВЫХ ГЛУБИННО-НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Статья посвящена разработке межтраверсного интеллектуального датчика усилия для штанговых глубинно-насосных установок в нефтедобыче. Предлагается измерение значения деформации цилиндрического стального кольца по горизонтали под действием усилия колонны штанг по вертикали. В качестве средства измерения величины деформации применяется датчик Холла. Приведена общая схема чувствительной части датчика усилия и его макет. Приведены результаты разработки структурной схемы интеллектуального датчика усилия на базе микроконтроллера с передачей данных по радиоканалу. Дается также упрощенная блок-схема алгоритма работы датчика усилия.

Ключевые слова: нефтедобыча, скважина, штанговые глубинные насосы, датчики усилия, микроконтроллер, датчик Холла

1. Введение. Известно, что основными элементами систем контроля штанговых глубинно-насосных установок (ШГНУ) в нефтедобыче являются датчики динамометрирования, так как именно они позволяют получить информацию для анализа неисправностей глубинного насоса и режима его работы [1]. Датчики динамометрирования – это датчики хода и усилия. Датчики хода предназначены для определения параметров движения: точки подвеса колонны насосных штанг – длина хода, период качаний и моменты прохождения штоком нижней и верхней мертвых точек, а датчики усилия – нагрузку на полированный шток, которая складывается из веса поднимаемой из скважины жидкости, веса колонны насосных штанг и сил трения в насосе и колонне. Разработка датчиков усилия ШГНУ является очень важной, сложной и комплексной задачей, требующей применения самых современных подходов в таких областях техники как тензометрия, микроэлектроника, математическая обработка сигналов, метрология. Такие датчики должны работать на установках ШГНУ непрерывно, на протяжении длительного периода времени в условиях широкого диапазона температур, выдерживать воздействие влаги, серы и других разрушающих факторов, быть устойчивыми к перегрузкам и обеспечивать эксплуатацию во взрывоопасных зонах.

За время эксплуатации ШГНУ разработаны многочисленные датчики усилия, отличающиеся друг от друга как по конструкции и по способу монтажа на установке, так и по принципу действия чувствительного элемента [2-6].

Проведенный в [7] анализ показывает, что каждому из этих датчиков усилия присущи определенные недостатки как в зависимости от места установки, так и по принципу измерения. Для устранения этих недостатков необходимо продолжить исследования по разработке новых интеллектуальных датчиков усилия, особенно датчиков усилия, размещаемых между траверсами.

К датчикам усилия, устанавливаемым между траверсами, предъявляются жесткие требования:

- по температуре окружающей среды;
- отсутствие остаточной деформации при снятии нагрузки;
- к устойчивой работе под воздействием влаги, кислотной среды и других разрушительных факторов;
- устойчивость к перегрузкам и обеспечение надежной эксплуатации во взрывных зонах;

- деформируемый чувствительный элемент при допустимых напряжениях должен обеспечивать достаточную деформацию и эластичность для достижения высокой чувствительности датчика;
- отсутствие кабеля питания;
- обмен информацией с внешними устройствами должно осуществляться по радио связию.

Современный уровень развития информационных технологий, микроконтроллеров, средств первичных измерителей неэлектрических величин, средств передачи информации дают предпосылки к созданию простых и надежных интеллектуальных, стационарных датчиков усилия, которые будут отвечать приведенным требованиям.

2. Постановка задачи. Требуется разработать датчик усилия колонны штанг на подвеску ШГНУ. Датчик должен обеспечивать простоту монтажа, взаимозаменяемость, подключаться к стандартным входным каналам со стандартными интерфейсами и протоколами обмена информации по радиосвязи. Электронная схема должна быть устойчива к воздействию электромагнитных помех от располагающихся в непосредственной близости мощных электродвигателей и преобразователей частоты. Для массового применения на промыслах датчик должен иметь низкую стоимость. При создании датчиков усилия необходимо учесть возможность реализации noise технологий для обработки сигналов, с целью ранней диагностики технического состояния глубинного насоса [8-10].

3. Решение задачи. Одним из основных звеньев датчика усилия является первичный чувствительный элемент. Известно, что для измерения силы, веса, давления в системе управления установки путем преобразования их в механическую деформацию чувствительных элементов (ЧЭ) требуется применение различных конструкций ЧЭ [11, 12]. Наиболее практичными являются цилиндрические ЧЭ, внутри которых устанавливается датчик малых линейных перемещений, преобразующих механическую деформацию в электрический сигнал для дальнейшего измерения силы [12]. При воздействии механических усилий по вертикальному диаметру ЧЭ его горизонтальный диаметр увеличивается, а вертикальный - уменьшается. Приращение по горизонтальному и вертикальному диаметрам должны подчиняться закону Гука. Известен также датчик усилия, где в качестве первичного чувствительного элемента применено стальное цилиндрическое кольцо, а вторичным чувствительным элементом является индуктивный преобразователь, для работы которого требуется переменный ток промышленной частоты, подвод которого снижает эксплуатационные характеристики датчика [13].

Предлагается решить задачу с применением, в качестве первичного чувствительного элемента, стального цилиндрического кольца, а вторичного чувствительного элемента – датчика Холла. На рисунке 1 приведены общая схема чувствительной части и макет датчика усилия на базе эффекта Холла, работающего за счет деформации цилиндрического кольца, состоящего из следующих частей: тонкостенное цилиндрическое кольцо (1); кронштейн датчика – шпилька М6 длиной 60мм (2); изолятор датчика (3); изолятор магнита (4); ЧЭ – датчик на основе эффекта Холла (5); магнит (6); кронштейн магнита – шпилька М6 длиной 60мм (7); четыре гайки М6 и четыре шайбы 6.65 Г 029 (8).

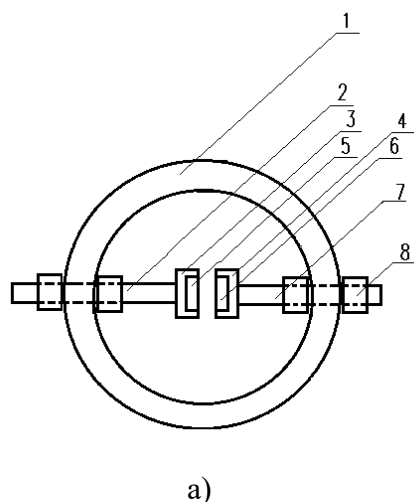


Рис.1. Общая схема чувствительной части (а) и макет (б) датчика усилия на базе эффекта Холла, работающего за счет деформации стального кольца цилиндрической формы

Датчик работает следующим образом: имея воздушный зазор, между датчиком Холла (5) и магнитом (6), может изменяться по горизонтальной плоскости. При влиянии силы P к цилиндрическому кольцу (1), последний деформируется и перемещает магнит и датчик относительно друг друга на $\ll \delta \gg$ расстояние. При снятии силы P магнит (6) приближается к датчику (5). За счет этого перемещения меняется напряженность магнитного поля на датчики обратно пропорционально квадрату расстояния, которое соответственно преобразуется в электрическое напряжение датчиком Холла.

Использование широко распространенных микроконтроллеров при разработке изделий промышленного назначения приводит к повышению их технико-экономических показателей (снижение стоимости, потребляемой мощности, габаритных размеров, повышение надежности) и позволяет многократно сократить сроки разработки и отодвинуть сроки "морального старения" изделий, обеспечивает решение различных задач, придающих изделиям важное качество – интеллектуальность. Одновременно придает им принципиально новые потребительские качества (расширенные функциональные возможности, модифицируемость, адаптивность и т.д.). Поэтому для упрощения схемы, повышения надежности и обеспечения гибкости предлагается создать датчик усилия на базе микроконтроллера LPC2148-STAMP.

На рисунке 2 приведена структурная схема интеллектуальной части датчика усилия на базе микроконтроллера LPC2148-STAMP. Она состоит: преобразователя деформации на базе датчика Холла; температурного датчика; 32-разрядного микропроцессора ARM LPC2148; радиомодема RMD400-OEM с антенной; аккумуляторной батареи (9V); блока питания 5V и 3,3V.

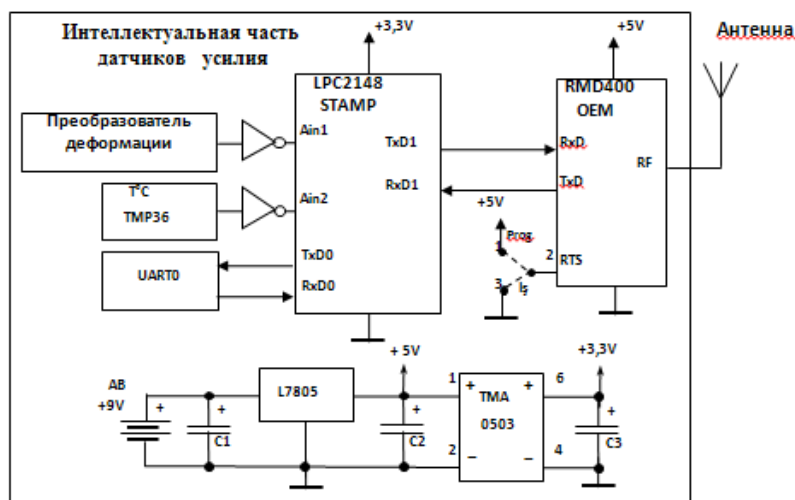


Рис.2. Интеллектуальная часть датчиков усилия на базе микроконтроллера LPC2148-STAMP

Предложен алгоритм (Рис. 3) работы микроконтроллера.

Алгоритм работы микроконтроллера (МК) состоит из следующих модулей:

1. Модуль первоначальной установки режимов контроллера (МПУРК) осуществляет очистку памяти, перевод портов в исходное состояние, копирование постоянных данных из ППЗУ в ОЗУ;
2. Модуль обслуживания опроса (МОО) обеспечивает обмен информацией микроконтроллера (МК) с внешним устройством (внешним устройством может быть или устройство управления ШГНУ или диспетчерский пункт участка нефтегазодобычи) по протоколу MOD BUS RTU, через физический интерфейс RS 485 и радиомодем (PM);
3. Модуль опроса аналоговых сигналов (МОАС) обеспечивает поочередное подключение 3-х каналов АЦП микроконтроллера к выходам 1 и 2 соответственно, измерителя деформации (ПД), и измерителя температуры (ИТ) преобразования выходных напряжений в двоичный код;
4. Модуль коррекции погрешности вносит поправку по фактической температуре на значение деформации. Далее происходит преобразование деформации на усилия, по хранящимся в постоянной памяти данным калибровки данного датчика;
5. Модуль обработки сигнала усилия осуществляет noise технологию для определения признаков ранней диагностики технического состояния глубинного насоса;
6. Модуль создания массивов данных (МСМД) для передачи на внешнее устройство осуществляет строгую запись полученной кодовой информации в следующей последовательности: 1-е два байта значение деформации до коррекции; 2-е два байта значения деформации после коррекции; 3-и два байта значение усилия; 4-е два байта значение результата обработки усилия; 5-е два байта значение температуры; 6-е два байта – это контрольное слово, формируемое контроллером для проверки информации при приеме-передаче по каналу связи.



Рис.3. Упрощенная блок-схема алгоритма работы микроконтроллера LPC2148-STAMP для измерения усилия

4. Выводы:

1. Применение толстостенного стального цилиндрического кольца для преобразования усилия на деформацию вертикального и горизонтального радиусов позволяет, во-первых, получить относительно большую чувствительность первичного преобразования, во-вторых, вторичный преобразователь не подвергается большей нагрузке, как это бывает в тензометрии, то есть вторичный преобразователь является измерителем малых перемещений;
2. Применение датчика Холла в качестве средства измерения величины деформации намного упрощает схему датчика и повышает его надежность;
3. Применение микроконтроллера LPC2148-STAMP позволяет применить noise технологию для определения признаков ранней диагностики технического состояния глубинного насоса и ввести температурную поправку к результату измерения на месте и отправить на верхний уровень обработанную информацию.

Литература

1. Уразаков К.Р., Андреев В.В., Жулаев В.П. Нефтепромысловое оборудование для кустовых скважин. - М.: Недра, 1999, с.80-81.
2. Мамедов Ф.И., Дадашева Р.Б. Двухмерные электромагнитные датчики перемещений. Известия высших учебных заведений. Приборостроение. Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2005, т.48, №5, с.38-41.
3. ЗАО "Автограф". auton@autograph.com.ru; www.auton.ru
4. Жук Е., Шимчак П. Система Lufkin Automation контролирует работу скважин в Беларуси. Нефть и газ Евразия. 2006, №8, с.16-27.
5. Ковшов В.А., Емец С.В., Ганцев А.О., Хакимьянов М.И. Анализ датчиков усилия в механизированных установках добычи нефти // Прогрессивные технологии в добыче нефти: - Сб. научных трудов-Уфа: УГНТУ, 2000, с.102-105.
6. ООО НПП <<Грант>>. Система динамометрирования. Стационарная ддс-04. Руководство по эксплуатации. Ддс04.00.00.00.000 рэ. Уфа, 2006. www.grant-ufa.ru/files/DDSO4_MAN.pdf
7. Рзаев Ас.Г. Интеллектуальный межтраверсный датчик усилия // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri. Fizika-Texnika və Riyaziyyat elmləri seriyası, Cild XXXII, N3, 2012-ci il, s.158-164.
8. Telman Aliev. Digital Noise Monitoring of Defect Origin, Springer-Verlag, London (2007), 235 p.
9. Алиев Т.А., Аббасов А.М., Гулуев Г.А., Рзаев А.Г., Пашаев Ф.Г. Позиционно-бинарные и спектральные индикаторы микроизменений в технических состояниях объектов контроля // Автоматика и вычислительная техника, Рига, 2009, №3, с 57-69.
10. Алиев Т.А., Гулуев Г.А., Рзаев А.Г., Пашаев Ф.Г. Корреляционные индикаторы микроизменений в технических состояниях объектов контроля // Кибернетика и системный анализ, Киев, 2009, №4, с.169-178.
11. Akhmadov M.A., Huseynov A.H., Rahimov Sh.R. Designing the sensitive element for the sensor of mechanical forces. Interactive systems: The problem of human-computer interaction. Proceedings of the international conference, 22-24 September, Ulyanovsk, 1999, p.128-130.
12. Мамедов Д.Ф. Проектирование кольцевого чувствительного элемента для робототехнических комплексов. - М: Приборы и Системы. Управление, контроль, диагностика. №11, 2001, с.48-50.
13. Ф.И. Мамедов, Дж.Ф.Мамедов, Г.Р. Расулов, Ас.Г.Рзаев, Я.Г. Алиев. Исследование датчика силы, работающего за счет деформации цилиндрического кольца // Известия НАНА, серия физико-технических и математических наук, том XXXV, №3, 2015, с.34-40.

UOT 004.621.391:004.4

As.H. Rzayev, M.X. Japarov

Ştanqlı-dərinlik nasos qurğularının Holl vericisi əsasında traverslərarası intellektual qüvvə vericisi

Məqalə neftçixarmada ştanqlı-dərinlik nasos qurğuları üçün traverslər arasında yerləşən intellektual qüvvə vericisinin işlənməsinə həsr olunub. Ştanqlar kalonunun ağırlıq qüvvəsinin vertikal təsiri nəticəsində silindirik polad həlqənin horizontal deformasiyasını ölçmək təklif olunur. Deformasiyanın qiymətini ölçən vasitə kimi Holl vericisindən istifadə olunur. Məqalədə qüvvə vericisinin həssas hissəsinin ümumi sxemi və maketi verilmişdir. Mikrokontroller əsasında radio rabitəli intellektual qüvvə vericisinin struktur sxeminin işlənməsinin nəticələri verilmişdir. Həmçinin qüvvə vericisinin işləmə alqoritminin sadələşmiş blok-sxemi verilir.

Acar sözlər: neftçixarma, quyu, ştanqlı-dərinlik nasosu, qüvvə çeviricisi, mikrokontroller, Holl vericisi

As.H. Rzayev, M.Kh. Japarov

Intelligent intertraverse load cell based on the Hall sensor for sucker rod pumping units

The paper is devoted to the development of an intertraverse intelligent load cell for sucker rod pumping units in oil production. The authors propose measuring the value of the deformation of a cylindrical steel ring horizontally under the vertical action of the force of the rod string. The Hall sensor is used to measure the magnitude of the deformation. The general diagram of the sensitive part of the load cell and its layout are given. The results of the development of a block diagram of an intelligent load cell based on a microcontroller with data transmission over a radio channel are presented. A simplified control-flow chart of the load cell is also given.

Keywords: oil production, well, sucker rod pumps, load cell, microcontroller, Hall sensor