



Автоматизированная система управления стендом поверки расходомеров

Алексей Комелин, Сергей Ильясов

В статье описана автоматизированная система управления стендом поверки расходомеров, используемых для тестирования компонентов нефтедобывающего оборудования. Представлены аппаратные и программные средства системы управления. Дано описание процесса поверки расходомера с представлением заложенных методов измерения и функциональных возможностей стенда.

ВВЕДЕНИЕ

Требования нефтяных компаний к качеству обслуживания сервисными предприятиями того или иного оборудования, участвующего в таком сложном технологическом процессе, как добыча нефти, постоянно растут. Как было показано в предыдущих статьях [1, 2], каждый компонент установки электроцентробежного насоса (УЭЦН) после ремонта на сервисном предприятии ЗАО «ЛУКОЙЛ ЭПУ Сервис» проходит тестирование на соответствующем стенде. Результаты тестирования оформляются в виде протокола и прикрепляются к паспорту установки. Протоколы тестирования по договору нефтяной компании «ЛУКОЙЛ» являются неотъемлемой частью паспорта установки. Без про-

токолов тестирования нефтяная компания не примет установку в эксплуатацию.

Погрешности и качество измерений контролируемых параметров на стендах определяют качество оказываемых услуг. Именно поэтому все новые стенды тестирования проходят первичную аттестацию при вводе в эксплуатацию и в дальнейшем ежегодно подвергаются периодической аттестации. Более того, плановая калибровка стендов производится раз в квартал.

Электроцентробежный насос (ЭЦН) является наиболее важным компонентом в составе УЭЦН, так как по его производительности определяется текущий дебит скважины. Все характеристики ЭЦН (напор, мощность, КПД), получаемые в процессе тестиро-

вания на стенде, зависят от подачи насоса. Поэтому расходомеры, установленные на стенде, раз в год проходят поверку. Для этого на базе ЗАО «ЛУКОЙЛ ЭПУ Сервис» был разработан стенд поверки расходомеров, автоматизированная система управления которой описана в данной статье.

СОСТАВ СТЕНДА И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

Стенд поверки расходомеров (рис. 1) состоит из следующих компонентов:

- измерительная ёмкость объёмом 1 м³, установленная на электронных весах;
- перекидное устройство с пневмоприводом;
- две магистрали измерения расхода;



Рис. 1. Общий вид стенда



Рис. 2. Рабочая ёмкость

- рабочая ёмкость объёмом 1,5 м³ (рис. 2);
 - два насоса разной производительности – первый до 40 м³/сутки, второй до 86 м³/сутки (рис. 3);
 - шкаф управления.
- Стенд должен измерять:
- расход в диапазоне от 0,2 до 86 м³/ч с точностью 1%;
 - давление до 500 PSI (фунт на квадратный дюйм);
 - температуру рабочей жидкости (технической воды) до 50°C;
 - температуру окружающей среды до 50°C;
 - частоту импульсов до 2000 Гц;
 - временной интервал до 100 мс;
 - вес до 2000 кг;
 - постоянный ток 4...20 мА.

Система управления стендом должна обеспечивать:

- управление оборотами привода насосов от 0 до 3000 об./мин;
- выбор насоса;
- установку желаемого расхода;
- переключение потока с рабочей ёмкости на измерительную и обратно;
- выбор расходомера;
- дистанционное управление весами.

ПРОЦЕСС ПОВЕРКИ

Стенд позволяет производить поверку расходомера в сборе (турбинка и преобразователь), отдельно турбинки и отдельно преобразователя. Если расходомер в сборе, то есть турбинка и преобразователь уже согласованы производителем (как правило, это новый расходомер), то нам в процессе поверки необходимо определить зависимость выходного сигнала преобразователя (ток 4...20 мА) от расхода. Это можно сделать двумя методами.

Первый, наиболее быстрый метод заключается в следующем. По эталонному расходомеру устанавливаем необходимый расход. ПИД-регулятор поддерживает заданный расход путём изменения оборотов привода насоса. Для вычисления расчётного тока $I_{\text{рас}}$ показание эталонного расходомера $Q_{\text{ЭТ}}$ подставляем в следующую формулу:

$$I_{\text{рас}} = \frac{Q_{\text{ЭТ}} \cdot 16}{Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}} + 4, \quad (1)$$

где $I_{\text{рас}}$ – расчётный ток поверяемого расходомера, мА; $Q_{\text{ЭТ}}$ – расход эталонного расходомера, м³/ч; Q_{max} , Q_{min} – верхняя и нижняя границы диапазона поверяемого расходомера, м³/ч. Далее определяем относительную погрешность измеренного тока.

Второй метод заключается в том, что эталонный расход получается весовым способом. Для этого перекидное устройство переключает поток на измерительную ёмкость и одновременно запускается таймер. Вес, измеренный весами, пересчитывается в объём и делится на время. Таким образом, получается эталонный расход $Q_{\text{ЭТ}}$. Затем расчёт ведётся по формуле (1).

Также на стенде можно поверять преобразователь отдельно от турбинки. В этом случае с генератора на вход преобразователя подаётся частотный сигнал, а с выхода снимается ток.

Можно поверять и турбинку отдельно от преобразователя. Для этого выход магнитного датчика турбинки нужно подключить к счётчику импульсов. При поверке турбинки необходимо определить коэффициент, равный отношению количества импульсов к объёму жидкости, прошедшей через расходомер за определённое время. При этом объём жидкости можно получить как с помощью эталонного расходомера, так и весовым методом.

Ещё одна функция стенда заключается в том, что можно проверить погрешность измерения эталонных расходомеров по весам.

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основным критерием выбора контроллера системы управления стендом была способность контроллера производить измерения на основе приёма и обработки сигналов разных типов: сигналов постоянного тока (4...20 мА) от преобразователя расходомера и датчика температуры рабочей жидкости, сигналов напряжения (0...5 В) с датчика давления, а также сигналов счётчика импульсов внешней частоты и счётчика импульсов внутренней частоты для измерения миллисекундного интервала времени. С целью уменьшения погрешности преобразования решено было эталонные значения расходов получать по последовательному порту.

В силу этих причин в качестве базового элемента системы управления был выбран модуль микроконтроллера



Рис. 3. Насосы разной производительности

CPU188-5MX фирмы Fastwel. Отличительной особенностью данного модуля является то, что в своём составе он имеет универсальный порт ввода-вывода UNIO48 (разъёмы J8, J9). Порт реализован на программируемой логической микросхеме FPGA и предназначен для ввода-вывода 48 логических сигналов. Схема порта может изменяться непосредственно в системе (технология ISP) без выключения питания с помощью утилит isl188.com и isp188.com.

Функциональная схема системы управления стендом поверки расходомеров приведена на рис. 4. Внешний вид аппаратуры системы управления показан на рис. 5.

На монтажной панели МРВ-16 фирмы Octagon Systems собраны модули УСО с гальванической развязкой. Это дискретные и аналоговые модули серий OpenLine и G5 фирмы Grayhill. Их состав, тип и назначение отражает табл. 1.

Монтажная панель МРВ-16 подключена к универсальному порту J8 модуля микроконтроллера. Для этого порта используется прошивка N00, обеспечивающая работу с модулями Grayhill.

Ко второму универсальному порту J9 модуля микроконтроллера подключена клеммная плата STB-26 (Octagon Systems). Порт запрограммирован на работу четырёх счётчиков импульсов и использует прошивку T01. Задействовано только два счётчика (остальные в резерве): первый счётчик предназначен для подсчёта импульсов с турбинки (внешняя частота), второй — для определения времени переключения перекидного устройства (используется внешняя частота заполнения 1 МГц).

Для изменения оборотов приводов насосов (регулирования расходов) ис-

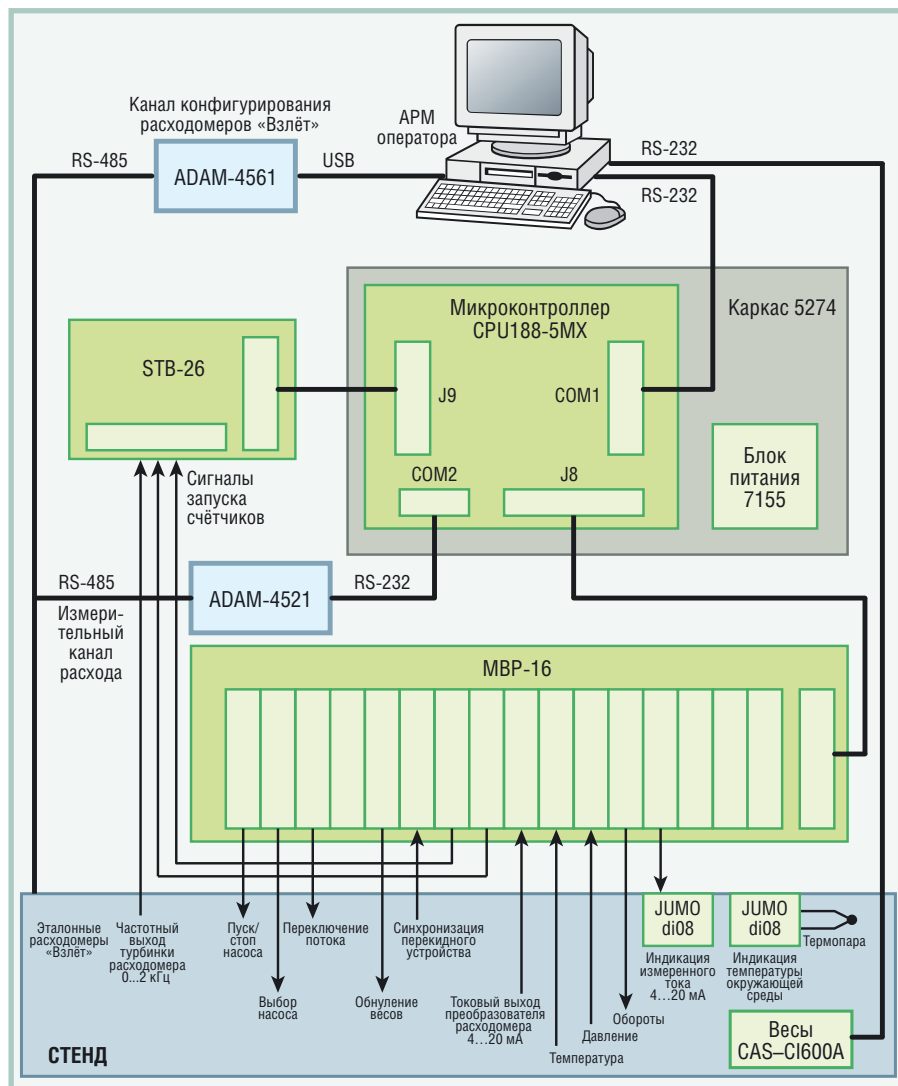


Рис. 4. Функциональная схема системы управления стендом

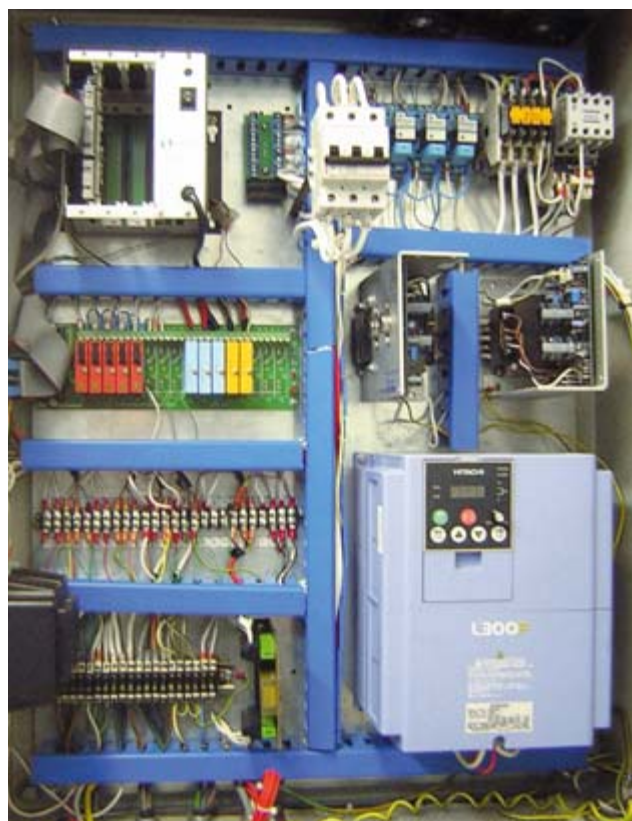


Рис. 5. Аппаратная часть системы управления стендом

пользуется частотный преобразователь Hitachi серии L300P. Индикаторы JUMO на лицевой панели шкафа управления отображают измеренный ток и температуру окружающей среды, которую

измеряет внешняя термопара, подключенная непосредственно к одному из индикаторов. Вторичный преобразователь весов CAS CI-6000A встроен в дверь шкафа управления. Весы передают сигнал по последовательному порту непосредственно на компьютер оператора.

Эталонные расходомеры передают измеренный расход по последовательному интерфейсу в порт COM2 микроконтроллера, используя протокол RS-485. Для согласования этого протокола с протоколом интерфейса RS-232 микроконтроллера применен модуль преобразователя ADAM-4521 фирмы Advantech, образующий совместно с перечисленными интерфейсами измерительный канал расхода.

Конфигурирование эталонных расходомеров «Взлёт» производится с помощью штатного программного обеспечения, установленного на компьютере АРМ оператора. Связь порта RS-485 расходомера с USB-портом компьютера АРМ оператора реализована через соответствующие интерфейсы и модуль преобразователя ADAM-4561 (Advantech), вместе образующие канал конфигурирования расходомеров «Взлёт».

Последовательный порт COM1 микроконтроллера используется для его связи с компьютером АРМ оператора.

Модуль микроконтроллера размещен в монтажном каркасе 5274 с блоком питания 7155 (Octagon Systems).

Таким образом, с помощью всего одного модуля микроконтроллера CPU188-5MX, имеющего универсальный порт ввода-вывода, решена проблема сбора электрических сигналов различных типов, что существенно снизило стоимость системы управления в целом.

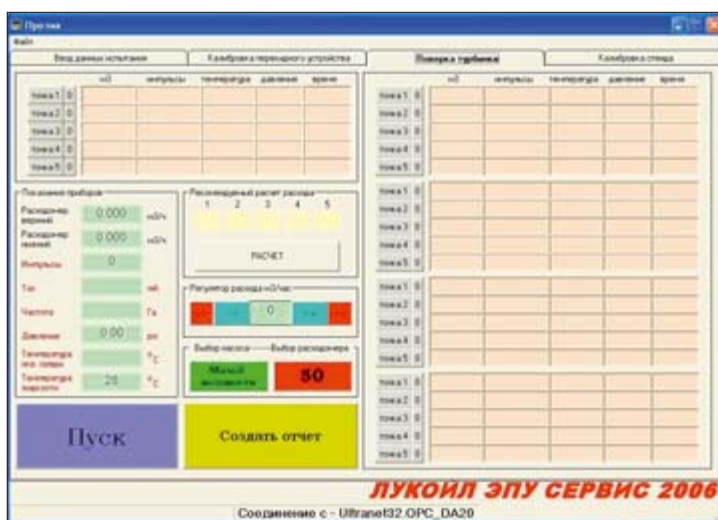


Рис. 6. Основная форма программы

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программа управления процессом поверки расходомеров разработана на языке программирования Visual Basic 5.0. На рис. 6 показана основная форма программы, которая включает 4 закладки: «Ввод данных испытания», «Калибровка перекидного устройства», «Проверка турбинки», «Калибровка стенда». Как видно из рис. 6, в процессе поверки весь диапазон разбивается на 5 точек. В каждой точке снимается по 5 замеров. При необходимости, если какой-либо замер выпал из нормальных значений, его можно обнулить и повторить замер заново. Форма содержит управляющие кнопки, обеспечивающие выбор насоса, выбор расходомера, установку расхода, управление двигателем.

По результатам поверки генерируется отчёт, форма которого представлена на рис. 7.

Программа для CPU188-5MX разработана в среде программирования промышленных контроллеров UltraLogik32. Использован штатный ПИД-регулятор из библиотеки, предоставляемой с системой разработки. На уровне микроконтроллера идёт преобразование кодов в физические величины, фильтрация сигналов, их масштабирование и первичная обработка. На языке C++ разработано программ-

Состав, тип и назначение применяемых модулей УСО

Модуль	Тип	Назначение
70G-ODC5	Выходной	Пуск/стоп выбранного двигателя
70G-ODC5	Выходной	Выбор насоса
70G-ODC5	Выходной	Переключение потока
70G-ODC5	Выходной	Обнуление весов
70G-IDC5	Входной	Синхронизация перекидного устройства
70G-ODC5	Выходной	Разрешение счёта внешних импульсов
70G-ODC5	Выходной	Разрешение счёта внутренних импульсов
73G-II420	Входной	Измерение расхода
73G-II420	Входной	Измерение температуры жидкости
73G-IV5	Входной	Измерение давления
73G-OV10	Выходной	Изменение оборотов
73G-OV10	Выходной	Индикация (измеренный ток)

ное обеспечение последовательного порта, предназначенного для чтения значений с эталонных расходомеров.

В качестве связующего звена между уровнями системы управления используется OPC-сервер UltraNet32.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время разработанный стенд проходит аттестацию для использования его в качестве средства измерения в метрологической службе нашего предприятия. Успешное внедрение стенда ещё раз подтвердило возможность быстрой и относительно простой разработки качественных систем управления на основе применения средств автоматизации таких фирм, как Octagon Systems и Fastwel, и систе-

мы программирования промышленных контроллеров UltraLogik32. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Комелин А. Автоматизированная система управления стендами тестирования погружного электрооборудования // Современные технологии автоматизации. 2004. № 3. С. 16-23.
2. Комелин А. Автоматизированная система управления стендом тестирования гидрозащиты погружного электродвигателя // Современные технологии автоматизации. 2005. № 2. С. 58-61.

**Автор — сотрудник
ЗАО «ЛУКОЙЛ ЭПУ Сервис»
Телефон: (34667) 497-50
Факс: (34667) 497-46**

ЗАО «ЛУКОЙЛ ЭПУ Сервис»		Протокол		Приложение																					
калибровки преобразователя расхода жидкости весовым методом.																									
Тип преобразователя: Турбинный		Условия и средства калибровки:																							
Первичный преобразователь: HALLIBURTON №		Гидрометр психрометрический: ВПТ-2		зав. № 48																					
Вторичный преобразователь: HFC №		Барометр-анероид: М 110		зав. № 32																					
Максимальное значение объёмного расхода, при $t_{\text{ном}} = 20^\circ\text{C}$, $Q_{\text{ном}} = Q_{\text{ном}} = 41.6667$ м³/ч		Манометр: МП5-У92-35		зав. № 565																					
Минимальное значение объёмного расхода, при $t_{\text{ном}} = 4^\circ\text{C}$, $Q_{\text{ном}} = 3.333$ м³/ч		Стенд калибровки расходомеров:		зав. № 00-010290																					
Константа преобразования импульсного входа: $K_p =$ импульс (импульс)		Эт. расходомер: ВЗЛЕТ Ду-50 мм		зав. № 400939																					
Предел допускаемой погрешности: $\delta =$ %		Платформенные весы: Тип CAS CI 6000A		зав. № 1967(12612)																					
Примечание:		Датчик давления: Тип Setra 280E		зав. № 1465803																					
Комплектность (наличие паспорта, внешний вид и т.п.):		Датчик температуры: Тип Omega TX92		зав. № 3348																					
Электрическое сопротивление изоляции цепей питания: 1000 МОм		Счётчик импульсов: AR-2		зав. № 619																					
Место проведения калибровки: лаборатория ОМО ЗАО ЛУКОЙЛ ЭПУ Сервис		Метаометр: Тип А102/2		зав. № 0935774																					
Дата проведения калибровки: 27.11.2006		Проверочная жидкость: Вода																							
Дата проведения следующей калибровки: 27.11.2007		Температура окружающего воздуха: °C																							
		Относительная влажность воздуха: %																							
		Атмосферное давление: мм рт. ст.																							
		Давление воздуха в питающей линии: кг/см²																							
Номер точки диапазона	Номер измерения	$Q_1 (Q_{\text{ном}})$ по эталонному	M_0 (мг)	N_0	K_0	T_0	P_0	ρ_0	t_0	V_0 (V _н)	N_1	S_1	c_1	K_1	K_2	δ_K	δ_c	δ	N_2	F	$I_{\text{рвч}}$	I_1 (мА)	Вр	б.	
1	1	4,667	11	194,02	17730,7	346	130	1,14	997,8	22,00	0,194	17749,03	0,0172	0,0349	345,0361				1	66,3841	5	4,96	0,4016		
	2	4,667	11	194,02	17730,9	346	130	0,96	997,8	22,00	0,194														
	3	4,684	11	194,73	17748,5	344	130	0,74	997,8	22,00	0,193														
2	1	12,462	30	519,34	47259,6	344	130	13,79	997,8	22,00	0,521	47279,47	0,0034	0,0108	343,3406				2	265,536	8	7,96	0,2306		
	2	12,525	30	520,71	47281	343	130	13,92	997,8	22,00	0,522														
	3	12,510	30	520,09	47277,8	343	130	13,99	997,8	22,00	0,521														
3	1	22,127	53	919,9	83314,8	342	130	29,09	997,8	22,00	0,922	83316,97	0,0056	0,0177	342,5307	347,3848	1,71412	1,39643	1,36267	3	531,073	12	11,99	0,0834	0,4016
	2	22,084	53	918,11	83313,8	343	130	29,57	997,8	22,00	0,923														
	3	22,073	53	917,86	83322,3	343	130	29,48	997,8	22,00	0,921														
4	1	32,278	77	1341,9	125134	352	130	46,11	997,8	22,00	1,347	125126,3	0,0053	0,0167	333,3394				4	794,609	16	16,01	-0,0623		
	2	32,115	77	1335,1	125121	354	130	46,15	997,8	22,00	1,338														
	3	32,114	77	1335,1	125124	354	130	46,16	997,8	22,00	1,338														
5	1	41,932	101	1740,3	162528	352	130	37,67	997,8	22,00	1,747	162531,3	0,0087	0,0277	332,6341				5	1062,15	20	20,02	-0,0999		
	2	41,656	100	1732,6	162512	354	130	39,3	997,8	22,00	1,737														
	3	41,956	101	1745,3	162500	352	130	37,93	997,8	22,00	1,748														
Заключение по результату калибровки:		Калибровку проводит Калибровщик:		Получено по метрологии:																					

Рис. 7. Форма отчёта