



# Адаптивная система автоматического управления стендом консервации электроцентробежного насоса

Алексей Комелин

Система управления стендом консервации электроцентробежных насосов, применяемых в нефтедобыче, не только позволяет проводить весь цикл работ в автоматическом режиме, но и способна адаптироваться к производительности насосов разных типов, обладает достаточной гибкостью для изменения временных параметров цикла консервации. Внедрение системы управления привело к существенному увеличению производительности стенда.

## ВВЕДЕНИЕ

В «СТА» № 3 за 2004 год в статье «Автоматизированная система управления стендами тестирования погружного электрооборудования» было рассказано о стенде тестирования электроцентробежного насоса (ЭЦН), разработанном в ЗАО «ЛУКОЙЛ ЭПУ Сервис». После того как насос прошёл тестирование и признан годным к эксплуатации, необходимо произвести его консервацию маслом. Этот технологический процесс проходит в четыре этапа. На первом этапе через насос прокачивается тосола, чтобы удалить из рабочих аппаратов насоса воду, оставшуюся после тестирования. На втором этапе ЭЦН продувают воздухом, чтобы удалить остатки тосола. На третьем этапе производится заполнение насоса маслом. На заключительном четвёртом этапе масло из насоса выдувается воздухом.

Консервированный насос может длительное время находиться на складе, сохраняя свою работоспособность даже при низких температурах (до  $-40^{\circ}\text{C}$ ). Консервация, таким образом, является очень важным процессом, так как не позволяет насосу замерзнуть и

тем самым предотвращает клин вала ЭЦН.

## СОСТАВ СТЕНДА И ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Стенд консервации ЭЦН состоит из следующего оборудования:

- станины, на которую устанавливается электроцентробежный насос;
- ёмкости с тремя отсеками;
- сепаратора;
- шкафа управления.

Общий вид стенда показан на рис. 1.

Первый отсек ёмкости предназначен для тосола, второй – для «чистого» масла, третий – для «грязного» масла. От-

секи ёмкости снабжены смотровыми трубками для визуального наблюдения уровня жидкости. Под ёмкостью расположены подпитывающие насосы для тосола и «чистого» масла, которые обеспечивают подвод соответствующей жидкости к ЭЦН. Для увеличения эффективности продувки электроцентробежный насос во время всего цикла консервации вращается с постоянной частотой 1000 об./мин; это вращение обеспечивается реверсивным приводом, установленным на станине стенда.

На входе ЭЦН установлен трёхходовой кран с сервоприводом постоянного тока. Кран может находиться в одном из трёх положений: «ТОСОЛ», «МАСЛО», «ЗАКРЫТ». Положение «ЗАКРЫТ» необходимо для продувки жидкости из ЭЦН. На выходе ЭЦН установлен двухходовой кран с сервоприводом, который может находиться в одном из двух положений: «ТОСОЛ», «МАСЛО». Краны снабжены концевыми выключателями, которые выполняют функции обратной связи; таким образом, в любой момент времени можно определить, в каком положении находится кран.

Для подачи воздуха на стенд, а также для открыва-



Рис. 1. Общий вид стенда

ния линий продувки используются электромагнитные клапаны. Электромагнитный клапан подачи воздуха установлен на водоподводящей головке стенда. Клапаны открывания линий продувки тосола и масла установлены на соответствующих ресиверах (рис. 2).

Ресиверы необходимы для того, чтобы в них стекала оставшаяся после продувки жидкость из магистралей тосола и масла. В нижней части ресиверов установлены вибрационные сигнализаторы уровня LVL-A1 фирмы Pepperl+Fuchs (рис. 2). Ещё два таких же сигнализатора уровня установлены в смотровых трубах отсеков тосола и «грязного» масла; они служат не для измерения уровня тосола или «грязного» масла в отсеках, а для обнаружения факта появления жидкости в смотровых трубах соответствующих отсеков, который является показателем полного заполнения ЭЦН тосолом или маслом.

Сепаратор в составе оборудования стенда необходим для выделения тосола из «грязного» масла и перекачки очищенного масла в соответствующий отсек ёмкости.

В шкафу управления размещены устройства системы управления стендом (контроллер, модули УСО, сетевой адаптер и т.д.), подробно представленные в разделе «Аппаратное обеспечение».

**ЦИКЛ КОНСЕРВАЦИИ**

Перечислим и кратко охарактеризуем этапы цикла консервации ЭЦН.

1. Исходное состояние: кран на входе закрыт для тосола и масла (находится в центральном положении «ЗАКРЫТ»), кран на выходе – в положении «ТОСОЛ». Контроллер переводит кран в исходное состояние в следующих случаях:
  - при включении питания стенда;
  - при отжати аварийной кнопки «СТОП»;
  - после окончания цикла.
2. Нажимаем кнопку «ПУСК». Кран на входе переходит в положение «ТОСОЛ».
3. Как только кран на входе перейдёт в положение «ТОСОЛ», включится основной привод ЭЦН и привод насоса тосола.
4. Тосол прокачивается ЭЦН до тех пор, пока не сработает сигнализатор уровня тосола, установленный в смотровой трубе отсека с тосолом.



Рис. 2. Ресиверы масла и тосола с сигнализаторами уровня и воздушными клапанами

5. По истечении 30 секунд привод насоса тосола отключается. Кран на входе переходит в центральное положение.
6. Открывается клапан подачи в ЭЦН воздуха, начинается продувка системы.
7. Как только воздух выдавит весь тосол из ресивера, сработает сигнализатор уровня. В этот момент открывается воздушный клапан ресивера тосола, и в течение одной минуты продувка ЭЦН происходит по байпасной линии.
8. По истечении минуты клапан подачи воздуха и клапан ресивера тосола закрываются. Продувка тосола закончена.
9. Кран на выходе переходит в положение «МАСЛО». Кран на входе переходит в положение «МАСЛО».
10. Включается привод насоса масла.
11. Масло прокачивается ЭЦН до тех пор, пока не сработает сигнализатор уровня масла, установленный в смотровой трубе отсека с «грязным» маслом. После срабатывания сигнализатора запускается таймер, и в течение 10 секунд электроцентробежным насосом прокачивается масло.
12. По истечении 10 секунд привод насоса масла отключается. Кран на входе переходит в центральное положение.
13. Открывается клапан подачи в ЭЦН воздуха, начинается продувка системы.

14. Как только воздух выдавит всё масло из ресивера, сработает сигнализатор уровня. В этот момент открывается воздушный клапан ресивера масла и в течение одной минуты продувка ЭЦН происходит по байпасной линии.
15. По истечении минуты клапан подачи воздуха и клапан ресивера масла закрываются. Продувка масла закончена.
16. Отключается привод ЭЦН. Кран на выходе переходит в состояние «ТОСОЛ». Цикл окончен.

По желанию заказчика все временные параметры цикла консервации (время продувки после тосола, время продувки после масла, время прокачки тосола, время прокачки масла) можно изменять. Это делается по предварительной заявке, так как требует перепрограммирования контроллера. Значения временных параметров, установленные в программе контроллера по умолчанию, представлены в табл. 1.

Система является полностью автоматической, так как оператору необходимо только выбрать направление вращения основного привода и нажать кнопку «ПУСК». Оператор в аварийной ситуации может прервать цикл консервации, нажав на кнопку «СТОП».

Таблица 1

Значения временных параметров цикла консервации, установленные по умолчанию

Параметр	Значение, с
Время продувки после тосола	60
Время продувки после масла	60
Время прокачки тосола	30
Время прокачки масла	10

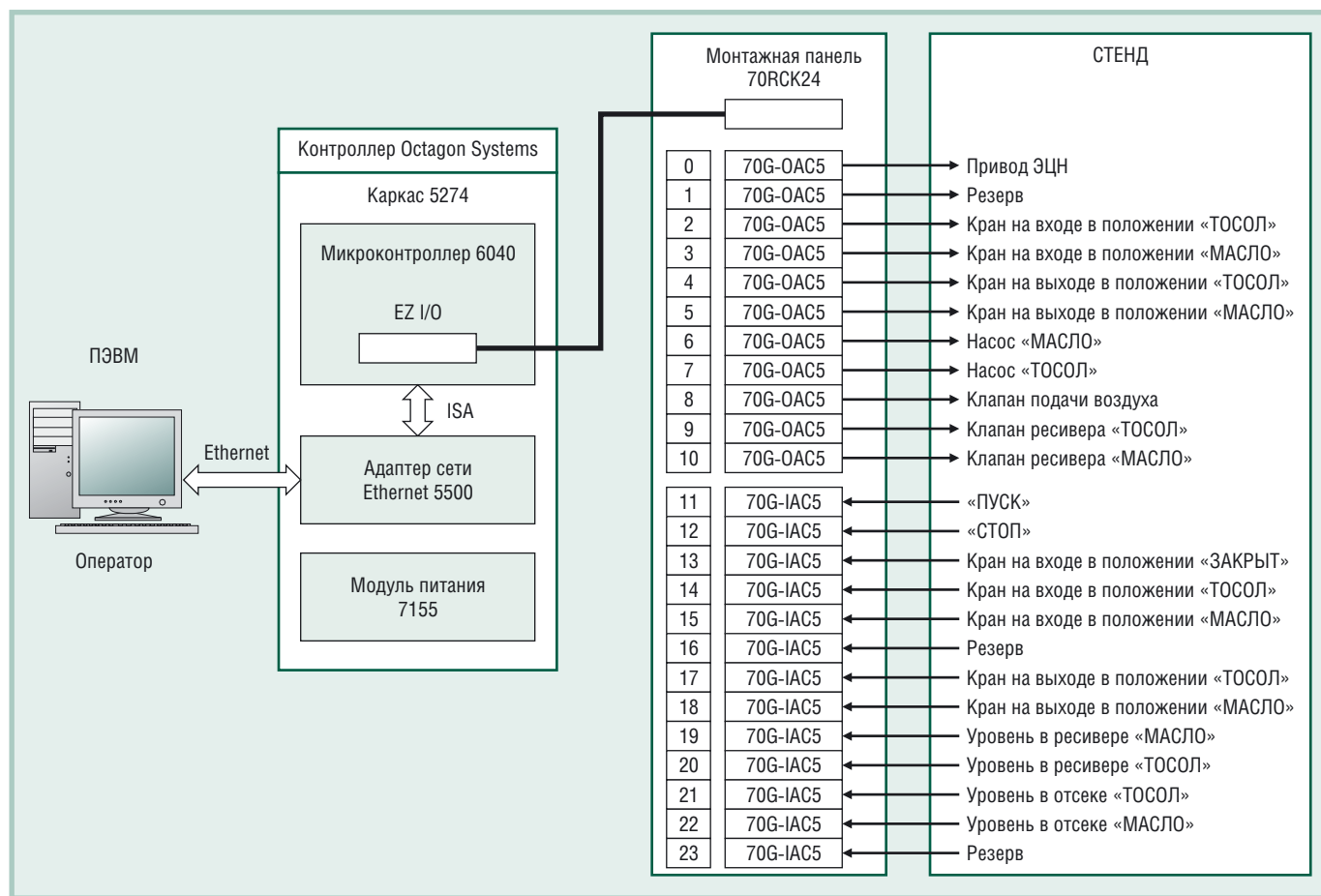


Рис. 3. Функциональная схема системы управления стендом

### Об адаптивности системы управления

Объясним, почему система является адаптивной. Диапазон производительности ЭЦН находится в пределах от 15 до 1200 м<sup>3</sup>/сут. Чем меньше производительность насоса, тем больше времени ему необходимо для прокачки тосола или масла, и наоборот, чем больше производительность, тем меньше нужно времени для прокачки тосола или масла. Например, продолжительность цикла консервации для насоса с номинальной производительностью 250 м<sup>3</sup>/сут составляет 6 минут, а для ЭЦН с номинальной производительностью 25 м<sup>3</sup>/сут – 20 минут.

Адаптация продолжительности цикла консервации к конкретному типу ЭЦН с определённой номинальной производительностью происходит за счёт применения сигнализаторов уровня. Прокачка тосола или масла идёт до тех пор, пока жидкость не появится в соответствующем ресивере и не сработает сигнализатор уровня. Аналогично идёт процесс продувки. Таким образом, адаптивная система управления стендом обеспечивает для каждого ЭЦН своё индивидуальное, оптимальное для его производительности время цикла консервации.

### Аппаратное обеспечение

Функциональная схема системы управления стендом консервации ЭЦН приведена на рис. 3. Система управления построена на базе высоконадёжных средств автоматизации фирмы Octagon Systems, предназначенных для эксплуатации в заводских цехах, в суровых промышленных условиях. Аппаратура системы размещена в шкафу управления (рис. 4).

Центральным элементом нижнего уровня системы управления является микроконтроллер 6040. Плата микроконтроллера установлена в прочный каркас 5274 с модулем питания 7155. Для обеспечения надёжного сбора информации с датчиков и корректного управления исполнительными механизмами все сигналы проходят через модули УСО с гальванической изоляцией фирмы Grayhill.

В системе управления используются два типа дискретных модулей УСО: 11 модулей вывода переменного напряжения 70G-OAC5 и 13 модулей ввода переменного напряжения 70G-IAC5. Модули установлены на монтажной панели 70RCK24 (Grayhill), подключённой к порту дискретного ввода-вывода EZ I/O микроконтроллера.

Монтажная панель снабжена светодиодами, по которым при необходимости легко определить, в каком состоянии находится стенд; индикация основных этапов цикла консервации производится в соответствии с табл. 2.

Для реализации связи с верхним уровнем управления в составе контроллера используется модуль 5500 – адаптер сети Ethernet.

### Программное обеспечение

Программа управления для контроллера разрабатывалась с помощью системы UltraLogik32. Разработано 12 подпрограмм на языке FBD. Подпрограммы включаются в цикл контроллера и выводятся из него по определённым событиям. После аварийного отключения программа анализирует текущее состояние стенда и выбирает соответствующую подпрограмму. Например, цикл прервался на этапе заполнения маслом, тогда после «снятия аварии» (отжима фиксирующейся кнопки «СТОП») контроллер сначала даст команду на продувку системы, а потом вернётся в исходное положение.

Для визуализации процесса в системе GENESIS32 (Iconics) была разработана мнемосхема (рис. 5). При пусконала-



Таблица 2



Рис. 4. Шкаф управления

дочных работах и при ручном управлении стендом оператор может контролировать ситуацию, для чего ему вполне достаточно использовать подсистему визуализации GraphWorX32.

Связь между уровнями системы управления осуществляется с использованием OPC-технологии. На сервере Ultranet32 настроен драйвер протокола IPX и включена поддержка OPC-сервера. Навигатор тегов системы GENESIS32 легко определил сервер Ultranet32, поэтому проблем с «оживлением» мнемосхемы не возникло.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Описываемая в данной статье адаптивная система автоматического управления стендом консервации успешно внедрена на базе сервисного предпри-

Индикация основных этапов цикла консервации

№ канала (модуля УСО, см. рис. 3)	Цикл консервации						
	Исходное состояние	ПУСК	ТОСОЛ	Продувка после тосола	МАСЛО	Продувка после масла	Исходное состояние
0			•	•	•	•	
1							
2							
3							
4							
5							
6					•		
7			•				
8				•		•	
9				•			
10						•	
11		•					
12		•					
13	•	•		•		•	•
14			•				
15					•		
16							
17	•	•	•	•			•
18					•	•	
19							
20							
21							
22							
23							

ятия по ремонту электропгружных установок в городе Нижневартовске. До этого все этапы консервации насосов здесь проводились вручную. За счёт автоматического режима работы стенда и адаптации его системы управления к конкретному типу ЭЦН число циклов консервации насосов за смену увеличилось на 12-15, что соответствует росту производительности стенда более чем на 200%.

Гибкость системы управления проявилась в том, что обеспечена возможность устанавливать временные параметры цикла консервации согласно

принятым у заказчика технологическим нормам.

Хочется отметить чёткую работу (без «дребезгов») сигнализаторов уровня фирмы Pepperl+Fuchs, от срабатывания которых зависит запуск той или иной подпрограммы.

Ещё раз подтвердилась правильность выбора промышленного микроконтроллера 6040 фирмы Octagon Systems. Наше предприятие эксплуатирует эти микроконтроллеры в различных разработках в течение 3 лет, и не зарегистрировано ни одного случая их выхода из строя. ●

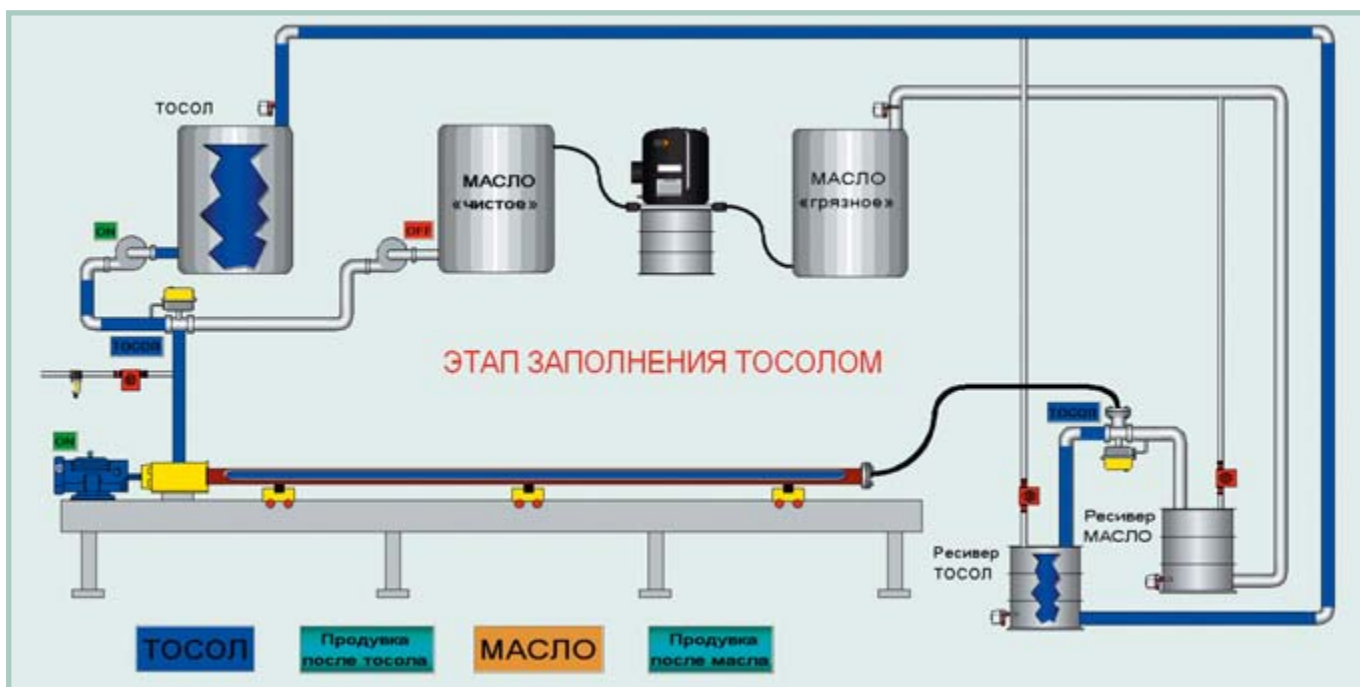


Рис. 5. Мнемосхема процесса консервации