

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ALC800 КОМПАНИИ АББ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ-КАЧАЛКАМИ

В настоящее время нефтяные скважины с дебетом менее 20 м<sup>3</sup>/сут оснащены, как правило, станками-качалками, причем в Российском добывающем парке двигатели подавляющего большинства таких станков приводятся в действие нерегулируемым электроприводом (контактором), работающим по управлению от контроллера в периодическом (старт-стопном) режиме по заданным временным уставкам. В статье рассматривается предлагаемый компанией АББ альтернативный вариант – станция ALC800 (Artificial Lift Control) управления станком-качалкой на базе регулируемого электропривода со специальным программным обеспечением, описываются ее характеристики, функциональные возможности и преимущества, получаемые нефтедобывающей компанией при использовании такого решения [1].

Общепринятый **периодический режим** работы станка, когда дополнительно к скорости качания задаются время откачивания и время паузы для заполнения скважины нефтью, удобен для скважин с известными и постоянными параметрами. В этом случае функции регулируемого электропривода ALC800 сводятся к плавному разгону и останову станка и защите от нештатных ситуаций. Периодический режим может использоваться совместно с двухскоростным режимом, рассмотренным ниже.

Известно, однако [2], что дневную производительность скважины можно поднять, используя непрерывную работу насоса с регулируемой скоростью вместо периодического режима эксплуатации. В этом случае необходимо поддерживать в скважине минимально допустимый уровень жидкости (давление) для обеспечения ее максимального притока из месторождения (рис.1). С этой целью используется запатентованный компанией АББ алгоритм **поддержания уровня жидкости** в скважине, который включает два этапа:

**Этап 1.** Идентификация скважины при полном ее заполнении. Определяется максимальная работа в цикле подъема жидкости для данной скважины при максимальной и минимальной скоростях подъема, учитывая, таким образом, свойства конкретной скважины (вязкость нефти) и скорость качания.

**Этап 2.** Рабочий режим. Привод пускается в работу, и через запрограммированную выдержку времени, необходимую для разгона до заданной скорости и окончания механических переходных процессов:

а) измеряется работа каждого хода. Если она меньше уставки (низкий уровень жидкости в скважине) выделенный в памяти счетчик инкрементируется, если больше уставки (высокий уровень жидкости) – декрементируется. При уровне жидкости в скважине близком к уставке значение счетчика близко к нулю, при его отличии от уставки это значение постепенно растет или уменьшается в зависимости от знака рассогласования.

б) При достижении счетчиком заданной по модулю величины скорость качания увеличивается на установленный шаг при отрицательном значении счетчика и уменьшается на шаг при его положительном значении.

в) Если, несмотря на такое многократное ступенчатое снижение скорости, уровень жидкости падает, например, из-за изменения характеристики скважины, при достижении минимальной уставки скорости привод останавливается на запрограммированную выдержку времени, после чего автоматически возобновляет работу.

Для фиксации верхнего положения используется аналоговый сигнал инклинометра (0 – 10 В или 4 – 20 мА), или дискретный концевой выключатель, или не используется никаких датчиков. В последнем случае верхнее положение определяется по электрическим сигналам фазного тока и напряжения звена постоянного тока преобразователя частоты, при этом станок должен быть хорошо сбалансирован. Диаграммы работы станка показаны на рис.2

Альтернативным является **инверсный режим** работы, при котором задание на скорость «инверсно» связано с каким-либо текущим параметром привода по закону



Рис.1. Характеристика P-Q скважины и увеличение ее производительности по сравнению с периодическим режимом работы при поддержании постоянства давления (уровня жидкости) в скважине.

$$\omega_{\text{зад}} = \omega_{\text{max}} \left(1 - \frac{\vartheta}{\vartheta_{\text{max}}}\right)$$

где в качестве  $\vartheta$  принимают, как правило, фильтрованные с программируемой постоянной времени ток нагрузки или развиваемый момент, но можно выбрать и любой другой, например, температуру обмотки двигателя. Пример инверсного режима для  $\vartheta$  = [момент двигателя] показан на рис.3.

Четвертый режим, реализованный в ALC800 - **двухскоростной режим** - позволяет отдельно задавать скорости подъема и опускания штанги в цикле. Технолог определяет два положения штанги: для начала движения с каждой скоростью и скорость подъема  $\omega_1$ . Привод автоматически рассчитывает скорость опускания  $\omega_2$  из условия поддержания заданной средней скорости качания. Пример работы станка-качалки в двухскоростном режиме приведен на рис.4. Он может использоваться совместно с рассмотренным выше периодическим режимом работы. При отказе датчика усилия или положения штанги в трех последних режимах станок либо останавливается, либо переходит в периодический режим работы (программируется).

В дополнение к стандартным функциям защиты станка-качалки включают в себя:

1. **Защита от «сухих качаний»** снижает скорость качания на заданный шаг  $\Delta\omega$  при снижении минимального в цикле усилия на штанге ниже определенного уровня  $F_{\text{min}}$  и нахождении его в зоне  $F_{\text{min}} + \Delta F$  в течение определенного числа  $n_1$  последовательных ходов ( $\Delta F$  – заданный гистерезис). Станок работает с пониженной скоростью, пока минимальное в цикле усилие на штанге не превысит уровня  $F_{\text{min}} + \Delta F$  в течение определенного числа  $n_2$  последовательных ходов, после чего скорость качания возвращается к прежнему уровню (рис.5). Защита действует во всех режимах работы станка, для нее необходимы датчики усилия, а также положения штанги (инклинометр или концевой выключатель).

2. **Защита по температуре** допускает прием и обработку одного дискретного (тепловое реле) и двух аналоговых датчиков температуры (например, подшипников, редуктора, двигателя, насоса и др.). При превышении температурой заданного уровня в качестве результирующего действия можно выбрать сигнализацию, аварийный останов или многократное ступенчатое снижения скорости на величину  $\Delta\omega_2$  с заданным интервалом времени вплоть до минимальной скорости. В последнем случае после снижения температуры аналогичными ступенями  $\Delta\omega_2$  скорость автоматически возрастает до первоначального уровня.

При превышении температурой заданного уровня в качестве результирующего действия можно выбрать сигнализацию, аварийный останов или многократное ступенчатое снижения скорости на величину  $\Delta\omega_2$  с заданным интервалом времени вплоть до минимальной скорости. В последнем случае после снижения температуры аналогичными ступенями  $\Delta\omega_2$  скорость автоматически возрастает до первоначального уровня.

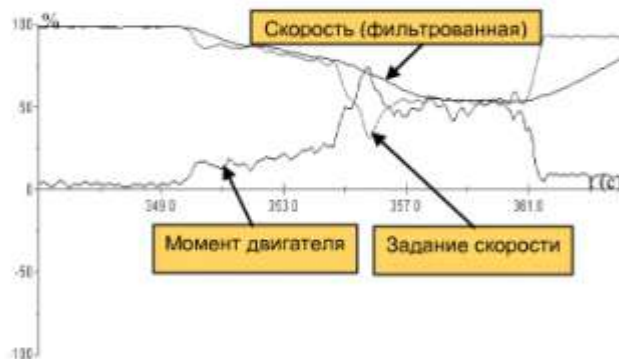


Рис.3. Задание скорости качания при инверсном режиме работы.

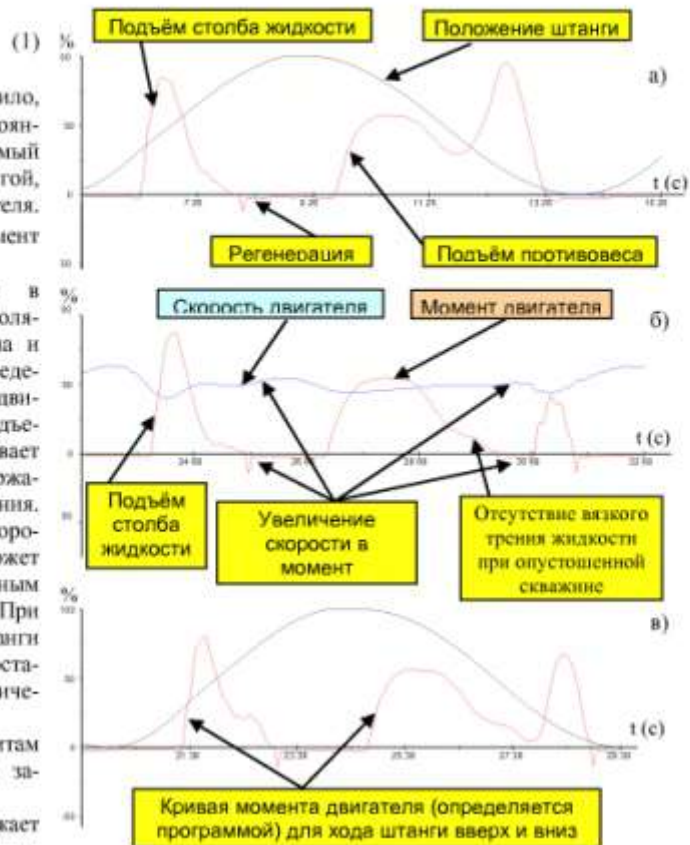


Рис.2. Диаграммы момента и скорости двигателя в режиме поддержания уровня жидкости:

- а) при полной скважине;
- б) при опустошенной скважине;
- в) при оптимальном уровне жидкости



Рис.4. Задание скорости качания при двухскоростном режиме работы.



Рис.5. Алгоритм защиты от «сухих качаний».

3. **Защита по давлению** допускает прием и обработку трех аналоговых сигналов (например, давление в обсадной, транспортной колоннах, на входе насоса) и двух дискретных сигналов. Она служит, в частности, и для защиты штанги от поломки в случае принудительного опускания плунжера насоса в область высокого противодавления. Если давление превышает/ опускается ниже верхнего/нижнего предела в течение заданного времени, происходит сигнализация или аварийный останов (по выбору).

4. **Защита по моменту** нагрузки ограничивает допустимые усилия сверху (превышение уставки заданное число ходов подряд) - для исключения поломок штанги, и снизу - для фиксации проблем с двигателем, штангой или насосом. Различают защиту по минимальному моменту при обрывах штанги неглубоко от поверхности земли (усилие меньше уставки в течение заданного времени) и при глубоких поломках, когда разность между максимальным и минимальным усилиями в цикле становится меньше уставки в течение заданного числа ходов подряд. Для защиты по моменту нагрузки необходим датчик усилия на штанге.

К достоинствам станции следует отнести задание и индикацию (или передачу по каналу в АСУТП) параметров станка в единицах измерения, принятых в нефтяной промышленности: скорость качания [ходов/мин], добыча общая и за последние 24 часа [баррелей], текущая производительность [баррелей/день], максимальное и текущее усилия штанги [Н], момент двигателя и редуктора [Нм], положение штанги [% от верхней точки], текущая мощность [кВт], работа за цикл [кВт\*с] и т.д.



Учитывая изложенное, применение станций, подобных ALC800, дает наибольший эффект для скважин, имеющих хотя бы одну из следующих характерных особенностей:

1. переменные параметры скважины, использование закачки воды или пара в пласт;
2. высокая газовая компонента, частые удары насоса о жидкость, газовые пробки;
3. вероятность полной откачки жидкости и работы насоса «насухо»;
4. низкий КПД насоса;
5. обрывы/поломки штанги более 1 раза в год;
6. изменяющийся с течением времени приток нефти.

Положительный эффект от применения ALC800 на скважинах сводится, в основном, к следующему:

**Увеличение производительности.** Алгоритм поддержания уровня жидкости не позволяет станку работать «насухо». Уровень жидкости поддерживается в заданных пределах выше насоса, обеспечивая оптимальное давление в скважине и гарантируя максимальный приток нефти из месторождения. Скорость качания подстраивается равной скорости притока нефти в скважину, обеспечивая наполняемость насоса даже при изменении таких параметров, как вязкость нефти и содержание попутного газа, в результате чего число пусков станка снижается с 10000-70000 до 12-24 в год (из опыта эксплуатации). При этом дополнительно исключаются удары плунжера насоса о жидкость при движении вниз и, как следствие – ударные нагрузки на штангу, приводящие к ее поломке.

Защита от «сухих качаний» повышает эффективный КПД насоса, а функционирование защит по моменту и давлению увеличивает надежность работы штанги, насоса, трубопровода, ремней, шкивов. Кроме того, регулирование скорости устраняет необходимость замены шкивов при смене условий работы скважины. В связи с этим, численность обслуживающего персонала снижается с четырех до одного человека. Все это уменьшает время простоев оборудования, приводя к дополнительному увеличению добычи. По опыту эксплуатации ALC 800 увеличение годовой производительности скважины за счет указанных факторов составляет более 20%.

**Снижение эксплуатационных расходов.** Алгоритм поддержания уровня жидкости и, следовательно, оптимальной скорости приводит к снижению более чем на 20% пиковых нагрузок на штангу по сравнению с работой на максимальной нерегулируемой скорости в периодическом режиме. Кроме того, на 10-15% снижается динамическая нагрузка на штангу (разница между максимальным и минимальным усилиями в течение цикла качания). Выше упоминалось об исключении ударов плунжера о жидкость и вероятности поломки штанги по этой причине. Редкие плавные пуски вместо частых прямых пусков многократно снижают нагрузки на все механические узлы. Все эти факторы увеличивают межремонтный интервал станка-качалки.

**Снижение потребления электроэнергии** на единицу добытой нефти до 20-30% достигается: а) исключением «сухих» качаний и увеличением эффективного КПД насоса; б) снижением платы за установленную мощность, т.к. нет необходимости завышать мощность двигателя для тяжелых пусков после останова, ибо станок почти не останавливается, но даже при редких частотных пусках преобразователь допускает до двукратной перегрузку двигателя по моменту; в) по тем же причинам допустима замена энергетически неэкономичных двигателей с повышенными скольжением и пусковым моментом на более экономичные двигатели с обычным скольжением.

**Работа при скачках напряжения питающей сети.** За счет использования регенеративного привода (с активным выпрямителем) с запасом по току (стандарт) и исполнения привода с расширенным диапазоном питающего напряжения (опция) обеспечивается работоспособность станции при снижении и повышении напряжения сети до 50%. Возможна поставка станции с пониженным гармоническим влиянием на питающую сеть (опция). Изготавливаются станции управления в шкафом варианте уличного исполнения с температурой эксплуатации +40...-50 °С.

Литература:

1. ACS800 Firmware manual rod pump light application program. ABB Inc., 2004.
2. Чаронов В.Я. Автоматизация работы основного оборудования и проблемы энергосбережения на объектах нефтегазодобычи. Альметьевск: Изд-во АО Татнефть, 1998 г., 336 с.