

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СТАНКОВ-КАЧАЛОК КУСТА НИЗКОДЕБИТНЫХ СКВАЖИН

*П. Н. Цылёв, Е. М. Огарков,
И. Н. Шапова, А. Д. Коротаев*

Пермский государственный технический университет

Рассматриваются преимущества применения на станках-качалках низкодебитных скважин дугостаторных асинхронных электродвигателей, а также вопросы, связанные с оптимизацией параметров электрооборудования системы электроснабжения куста скважин с дугостаторным электроприводом.

Количество низкодебитных скважин с производительностью менее 5 тонн в сутки непрерывно возрастает. Причинами такой негативной тенденции являются переход месторождений нефти в завершающую стадию разработки, открытие и эксплуатация ряда относительно новых месторождений, содержащих низкопродуктивные пласты, расконсервирование ранее законсервированных низкодебитных скважин.

Добыча нефти из низкодебитных скважин осуществляется преимущественно станками-качалками. Возвратно-поступательное движение колонны насосных штанг в станках-качалках достигается с помощью электрического двигателя и кинематической цепи, в состав которой входят клиноременная передача, редуктор, кривошипно-шатунный механизм, балансир и тросовая подвеска. В качестве электрических двигателей используются трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутой обмоткой на роторе, имеющие, по сравнению с другими типами электрических машин, ряд неоспоримых преимуществ [1]. В эксплуатации

на станках-качалках находятся асинхронные электродвигатели с номинальной мощностью 30 кВт, 22 кВт, 17 кВт и синхронной частотой вращения соответственно 1500 об./мин, 1000 об./мин, 750 об./мин. Совместно с системой сменных шкивов клиноременной передачи и редуктором асинхронные электродвигатели с указанными параметрами позволяют получить 5–12 качаний балансира в минуту. В условиях низкого дебита скважин такое количество качаний балансира обуславливает необходимость перехода от непрерывного режима работы скважин к циклическому с присущими для него серьезными недостатками [2]. Укажем на основные из этих недостатков: снижение объемов добываемой жидкости, завышенная мощность электродвигателя, значительные динамические нагрузки на звенья кинематической цепи, преждевременный выход из строя сальников, установленных на устье скважины.

Для обеспечения непрерывного режима работы низкодебитных скважин необходимо получать 0,8–4 качания балансира в минуту, сохраняя при этом по возможности неизменной конструкцию и параметры звеньев кинематической цепи и те преимущества, которые дает использование на станках-качалках асинхронных электродвигателей без специальных устройств регулирования частоты вращения.

Снижение количества качаний балансира станков-качалок низкодебитных скважин до желаемого значения целесообразно производить за счет уменьшения синхронной частоты вращения асинхронного электродвигателя до величины 450–100 об./мин. Однако промышленностью такие асинхронные электродвигатели не выпускаются. Поэтому на практике в ряде случаев для обеспечения непрерывного режима работы низкодебитных скважин прибегают к включению находящихся в эксплуатации асинхронных электродвигателей через преобразователи частоты [3]. Однако в условиях медленно изменяющегося во времени дебита

скважин регулирование частоты на значительных временных интервалах не требуется, и преобразователи частоты, на покупку и эксплуатацию которых затрачиваются значительные средства, используются малоэффективно.

Перспективным направлением по обеспечению непрерывного режима работы низкодебитных скважин является применение дугостаторных асинхронных электродвигателей [4]. Такие электродвигатели совместно с существующей кинематической цепью станков-качалок позволяют получить 0,8–4 качания балансира в минуту без использования специальных средств регулирования частоты вращения.

Дугостаторные асинхронные электродвигатели состоят из тех же узлов, что и асинхронные электродвигатели традиционного исполнения, отличие заключается лишь в конструкции статора, который выполняется не круговым, а имеет форму дуги. Следовательно, применение дугостаторных асинхронных электродвигателей позволяет сохранить все достоинства, присущие асинхронным электродвигателям с круговым статором.

Номинальная частота вращения ротора дугостаторного асинхронного электродвигателя рассчитывается по формуле

$$n_{\text{ном}} = 1910,83 \cdot \frac{\tau}{D_p} \cdot (1 - s_{\text{ном}}),$$

где τ – полюсное деление, м;

D_p – диаметр ротора, м;

$s_{\text{ном}}$ – номинальное скольжение, о.е.

Так, если изготовить электродвигатель с $\tau=0,06$ м, $D_p=0,60$ м, $s_{\text{ном}}=0,04$ и установить его на станке-качалке с общим передаточным числом клиноременной передачи и редуктора $i=160$, то получим 1,15 качаний балансира в минуту. Выполнив электродвигатель с параметрами $\tau=0,10$ м, $D_p=0,50$ м, $s_{\text{ном}}=0,04$ и установив его на этом же станке-качалке, будем иметь 2,3 качания балансира в минуту.

В процессе эксплуатации скважины её дебит со временем изменяется. В этих условиях поддержание оптимального режима отбора жидкости из скважины может быть обеспечено регулированием передаточного отношения клиноременной передачи, например, заменой диаметра шкива, посаженного на вал ротора дугостаторного электродвигателя. Указанный прием ступенчатого регулирования количества качаний балансира известен и применяется на практике при добыче жидкости станками-качалками.

Известно, что при неизменном динамическом уровне жидкости в скважине момент нагрузки на валу электродвигателя остается постоянным. Из формулы

$$M = 9550 \cdot \frac{P}{n},$$

где M , P , n – момент, активная мощность и частота вращения, следует, что постоянство момента на валу электродвигателя предполагает постоянство отношения активной мощности к частоте вращения. Очевидно, чем меньше частота вращения ротора, тем меньше должна быть активная мощность двигателя. Присвоив параметрам, относящимся к дугостаторному электродвигателю, индекс «д», а параметрам, характеризующим асинхронный электродвигатель традиционной конструкции, индекс «к», получим равенство

$$P_{\text{д}} = P_{\text{к}} \cdot \frac{n_{\text{д}}}{n_{\text{к}}},$$

при котором выполняется условие $M_{\text{д}}=M_{\text{к}}$. Согласно приведенной формуле замена на станках-качалках низкодебитных скважин асинхронных электродвигателей традиционной конструкции дугостаторными асинхронными электродвигателями позволяет не только осуществлять переход от циклического режима к непрерывному, но и одновременно

уменьшить установленную мощность двигателя в (n_k/n_d) раз. К примеру, если $P_k=30$ кВт, $n_k=1460$ об./мин., $n_d=146$ об./мин., то $P_d=3$ кВт.

Снижение установленной мощности электродвигателей станков-качалок куста низкодебитных скважин приводит к необходимости совершенствования его системы электропитания. Предстоит осуществить оптимизацию параметров проводов высоковольтной линии электропередач, питающей электрооборудование куста, пересчитать мощность понижающего трансформатора, установленного на кусте, и подобрать тип новой комплектной трансформаторной подстанции, определиться с сечением кабелей, проложенных от распределительного устройства низкого напряжения трансформаторной подстанции до шкафов управления работой станками-качалками, подобрать новую коммутационную и защитную аппаратуру. Возможен вариант перехода от радиальной схемы питания электрооборудования куста к магистральной.

Решение перечисленных выше задач позволяет существенно уменьшить стоимость электрооборудования, затраты на создание системы электроснабжения куста и эксплуатационные расходы. Положительный эффект особенно значим при разработке системы электроснабжения куста новых нефтяных месторождений с низкопродуктивными пластами.

Следует также отметить, что перевод куста скважин с циклического режима работы на непрерывный, обусловленный переходом станков-качалок на дугостаторный электропривод, приводит к выравниванию графика нагрузки куста, а уменьшение мощности электродвигателей – к снижению потребляемой мощности. Все это способствует снижению максимума нагрузки узла системы электроснабжения, от которого осуществляется питание электрооборудования куста, и уменьшению расходов за электроэнергию по первой ставке тарифа.

В декабре 2004 года на скважине № 292 Кокуйского месторождения нефти и газа ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» были начаты промышленные испытания экспериментального образца дугостаторного асинхронного электродвигателя, разработанного на кафедре «Электротехника и электромеханика» Пермского государственного технического университета.

Перед началом испытаний была произведена замена находившегося в эксплуатации асинхронного электродвигателя с номинальной частотой вращения 1460 об./мин и номинальной мощностью 30 кВт на дугостаторный электродвигатель с номинальной частотой вращения 68 об./мин и номинальной мощностью 1,4 кВт. Такая замена позволила перейти от циклического режима работы скважины № 292 (128 часов в месяц) к непрерывному режиму эксплуатации.

Наблюдения за работой скважины № 292 в течение практически двух лет показали, что среднесуточная добыча жидкости возросла в 3 раза при одновременном снижении энергозатрат. Малая частота вращения дугостаторного электродвигателя благоприятно отразилась на уменьшении динамических нагрузок на звенья кинематической цепи. Увеличился срок службы сальников, установленных на устье скважины, и межремонтный период.

Положительные результаты, полученные в ходе промышленных испытаний экспериментального образца дугостаторного электродвигателя, потребовали проведения более масштабного эксперимента. В этой связи по заказу ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» ХК ОАО «Привод» (г. Лысьва) в 2006 году изготовила опытную партию дугостаторных электродвигателей, которые в настоящее время проходят заводские испытания. На конец текущего года запланировано включение дугостаторных электродвигателей в работу в производственных подразделениях ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь».

Список литературы

1. Пантюшин В. С. Электротехника: учеб. пособие для вузов / 1 авт. – М.: Высш. школа, 1976. – 560 с.
2. Асинхронные электродвигатели для привода станков-качалок низкодебитных скважин / Е. М. Огарков [и др.]. // Наука – производству. – 2006. – № 1. – С. 39–40.
3. Ивановский В. Н. Скважинные насосные установки для добычи нефти / 3 авт. – М.: Нефть и газ, РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2002. – 824 с.
4. Повышение эффективности добычи нефти из низкодебитных скважин / Е. М. Огарков [и др.]. // Нефтегазовое и горное дело. Вестник ПГТУ. – 2005. – Вып. 6. – С. 172–175.

Получено 04.12.06.