

ВЕНТИЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ TRPS-LINE: НАДЕЖНО И ЭФФЕКТИВНО

В современном обществе все больше и больше внимания уделяется сбережению ресурсов и использованию энергоэффективных технологий. Нефтегазовый сектор в целом и сегмент механизированной добычи в частности не являются исключением. Особую важность в последнее время приобретает задача снижения себестоимости добываемого сырья и уменьшения затрат на добычу, одной из составляющих которых является потребляемая добывающим оборудованием электроэнергия. Наиболее широко распространенным и в то же время энергозатратным способом добычи являются системы установок электроцентробежных насосов (УЭЦН), которые включают в себя одну или несколько насосных секций, модуль впускной (или газостабилизирующие устройства), гидрозашиту и погружной электродвигатель (ПЭД). К компонентам, которые оказывают значительное влияние на энергопотребление, относятся погружной насос и ПЭД. На сегодняшний день наиболее перспективной с точки зрения энергосбережения электромеханической машиной для привода ЭЦН является электродвигатель на постоянных магнитах, широко известный как вентильный электродвигатель (ВЭД).

Вентильный двигатель представляет собой бесконтактный аналог коллекторного электродвигателя постоянного тока, в котором система возбуждения представлена постоянными высококоэрцитивными магнитами, установленными на роторе, а вместо электромеханического коммутатора (коллектора) используется полупроводниковый преобразователь постоянного тока в переменный (инвертор). Таким образом, в вентильном двигателе отсутствуют роторная обмотка возбуждения и соответствующие токовые потери в рото-

ре, а сам двигатель является наиболее эффективным преобразователем электрической энергии в механическую, обладающим лучшими массогабаритными показателями и более высоким КПД в сравнении с асинхронным ПЭД.

Направление ВЭД получило бурное развитие с начала 2000-х годов, когда первые результаты полевых испытаний подтвердили действительные технические преимущества и последующую экономическую эффективность применения вентильных электродвигателей. Фонд скважин, оборудованных данным типом привода, по-

стоянно растет, и в настоящее время уже несколько тысяч скважин в Западной Сибири укомплектованы вентильными электродвигателями. Крупнейшие нефтяные компании активно развивают применение современных технологий добычи углеводородов на подконтрольных месторождениях, и ВЭД являются одним из наиболее перспективных методов усовершенствования системы УЭЦН, обеспечивающим значительное повышение энергоэффективности добычи, а также позволяющим расширить эксплуатационные возможности оборудования.



Компании-производители УЭЦН всерьез заинтересовались технологией вентильных двигателей задолго до признания ее эффективности нефтяными компаниями. Как результат, в настоящее время доступна широкая номенклатура ВЭД, как по габаритам (от 55 до 185 мм по наружному диаметру), так и по мощности (от 12 до 1200 кВт). Прослеживается общая тенденция разработки ВЭД на различные номинальные частоты вращения: 500, 3000 и 6000 об/мин. И если в случае высоких частот (3000, 6000 об/мин) речь идет о применении ВЭД в составе УЭЦН, то низкооборотные ВЭД (500 об/мин), обладающие более высокими значениями крутящих моментов, используются в качестве приводов УЭВН, значительно расширяя сферу применения вентильных двигателей.

Результаты анализа спроса на ВЭД, основанные на открытых тендерах, показывают, что потребность в ВЭД постоянно растет: если к концу 2010 года потребность составляла менее 1000 ВЭД, то уже к концу 2013 года потребность в ВЭД почти удвоилась (около 1900 ВЭД). Динамика развития этого сегмента рынка показывает, что данные технологии востребованы на рынке погружного оборудования для добычи нефти и их доля в общей массе будет только увеличиваться.

С целью удовлетворения потребностей этого активно развивающегося сегмента рынка энергоэффективного оборудования для механизированной добычи перед командой разработчиков компании «Шлюмберге» была поставлена задача разработать высокоэффективный вентильный электродвигатель, обладающий уникальными преимуществами по сравнению с аналогами. Для решения этой задачи было принято принципиальное решение пойти по пути максимальной унификации нового ВЭД с выпускаемыми компанией «Шлюмберге» асинхронными двигателями. Использование в конструкции новых ВЭД 90% деталей стандартного асинхронного двигателя позволило достигнуть существенного упрощения процесса производства, повысить надежность и

уменьшить конечную стоимость нового продукта.

За основу разработанного ВЭД был взят электродвигатель ПЭДМТ габарита 117 мм производства «Шлюмберге», прошедший полный цикл квалификационных испытаний и отлично зарекомендовавший себя при эксплуатации в полевых условиях.

Высокие показатели надежности нового двигателя достигнуты во многом благодаря тому, что в конструкции базового двигателя ПЭДМТ 117 используются широко распространенные на российском рынке погружных электродвигателей компоненты, доказавшие свою надежность годами успешной эксплуатации, а также благодаря использованию ряда уникальных конструкторских решений, применяемых в таких высоконадежных продуктах компании «Шлюмберге», как REDA Maximus. Например, для работы в условиях масляного голодания применены самосмазывающиеся подшипники с металлофторопластовым покрытием рабочей поверхности втулки (рис.1)

Таким образом, задача разработки нового вентильного двигателя заключалась в разработке специального дизайна ротора с постоянными магнитами, а также обмотки статора, оптимизированных для получения оптимальных рабочих характеристик электри-

РИС.1 ВТУЛКА С ФТОРОПЛАСТОВЫМ ПОКРЫТИЕМ



ческой машины при использовании со стандартным ярмом статора ПЭДМТ.

На начальном этапе проектирования нового ВЭД был определен оптимальный тип конструкции пакета ротора с постоянными магнитами путем проведения электромагнитных расчетов и моделирования электрической машины с различными вариантами конфигурации ротора (рис.2).

Выбор оптимального варианта конструкции пакета ротора и типа используемых магнитных материалов проводился не только с расчетом на получение макси-

РИС.2 ВОЗМОЖНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ РОТОРА ВЕНТИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

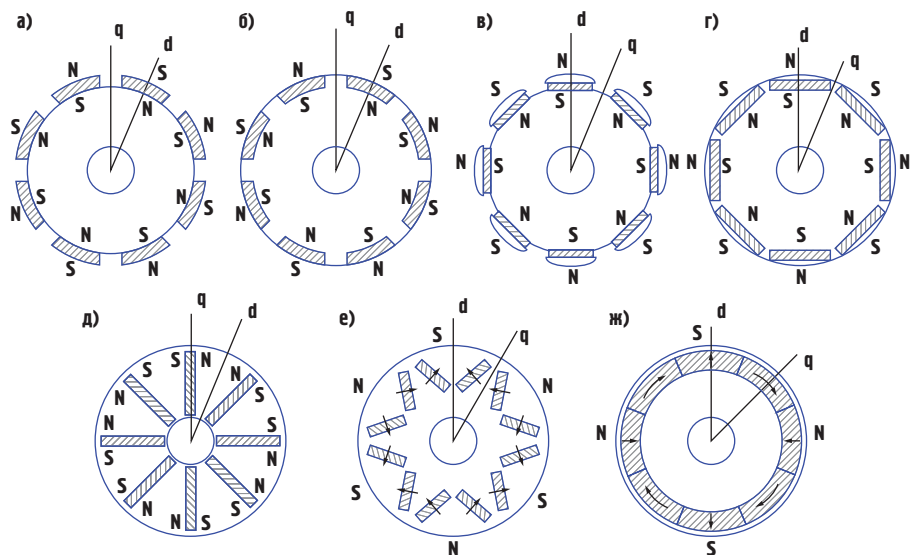
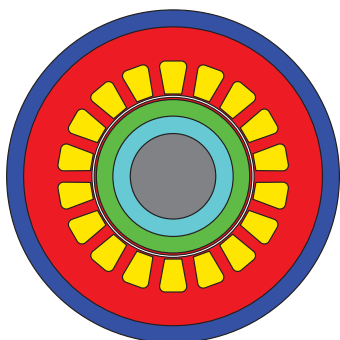


РИС.3 ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ



мальных рабочих характеристик проектируемой машины, но и с учетом надежности конструкции ротора в различных режимах работы двигателя.

Следующим этапом проектирования были оптимизация гео-

метрических размеров элементов выбранного типа конструкции пакета ротора, а также расчет оптимальной конфигурации статорной обмотки для получения максимальных энергетических показателей машины.

Выполненные тепловые и механические расчеты ВЭД позволили обеспечить требуемую прочность элементов конструкции разработанного ВЭД в статических, динамических и ненормальных режимах работы двигателя для достижения необходимого уровня надежности и ресурса работы двигателя.

В результате проведенной работы был получен продукт, сочетающий в себе такие качества, как низкие производственные затраты и высокая ремонтопригодность благодаря использованию компонентов и отлаженной техно-

логии изготовления стандартных ПЭДМТ, и в то же время высокие показатели энергетической эффективности разработанного двигателя благодаря использованию специального запатентованного дизайна ротора с постоянными магнитами. Минимальное количество новых деталей в двигателе позволило повысить надежность, упростить сборку и ремонт при незначительном расширении номенклатуры запасных частей.

Также следует отметить, что в отличие от предлагаемых в настоящее время на рынке ВЭД с номинальной частотой питающего напряжения 100 Гц и частотой вращения вала 3000 об/мин разработанный компанией «Шлюмберже» вентильный двигатель является двухполюсной электрической машиной с номинальной частотой питающего напряжения 50 Гц на выходе частотного преобразователя. Таким образом, пониженная в два раза по сравнению с представленными на рынке аналогами частота питающего напряжения позволяет сократить дополнительные потери энергии в таких агрегатах установки, как кабель и трансформатор, что дает возможность добиться более высокого КПД всей системы в целом.

Первые прототипы ВЭД производства завода «Тюменские насосы Шлюмберже» прошли расширенные лабораторные испытания, где были получены их рабочие характеристики и измерено фактическое энергопотребление ВЭД (рис.4).

Экспериментальные исследования показателей снижения энергопотребления при переходе от УЭЦН, оснащенной стандартным асинхронным двигателем, к УЭЦН с вентильным двигателем, проведенные в тестовой скважине, показали снижение энергопотребления УЭЦН с ВЭД минимум на 5–7% в зависимости от загрузки двигателя. При этом испытания обеих установок проходили в идентичных режимах работы насоса с коррекцией частоты питающего напряжения ПЭД для компенсации скольжения и получения равных значений напора и подачи.

Также снижение энергопотребления УЭЦН с разработанным

РИС.4 СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕНТИЛЬНОГО И АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЕЙ

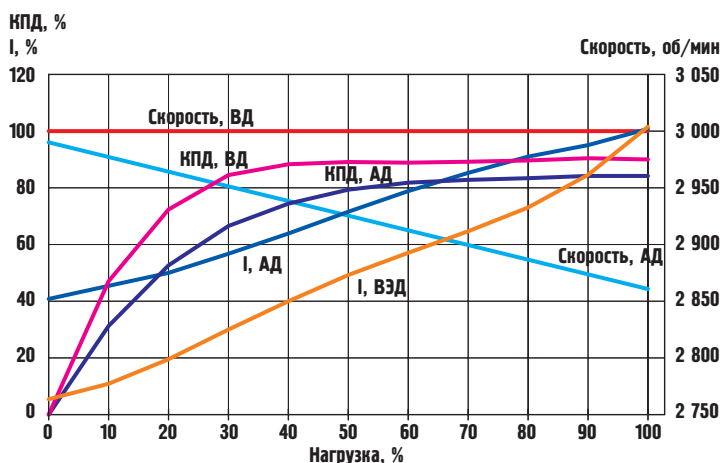
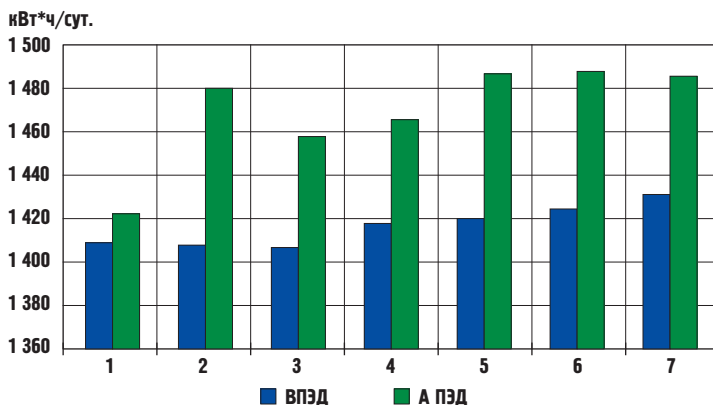


РИС.5 АКТИВНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭНЕРГИИ



компанией «Шлюмберже» ВЭД были подтверждены результаты успешных полевых испытаний, проведенных на одном из месторождений Западной Сибири.

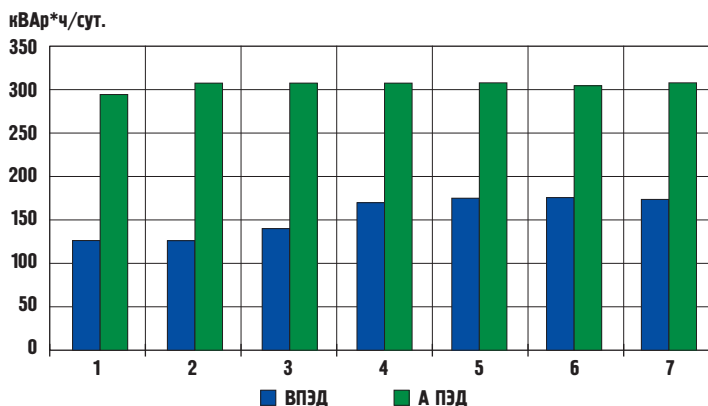
Сравнительный анализ замеров энергопотребления подтвердил, что установка, укомплектованная ВЭД, показала пониженное энергопотребление по сравнению с идентичной установкой, укомплектованной асинхронным двигателем, как по активной, так и по реактивной составляющей (рис.5, 6). В данной серии испытаний сравнивалось различие в энергопотреблении вентильного и асинхронного двигателей, без учета экономии за счет способа управления и без учета уменьшения потерь в питающем кабеле за счет уменьшения рабочего тока электродвигателя.

Среднее замеренное потребление электроэнергии установкой D700EZ с ВЭД 63–117 составило 1425,2 кВт*ч/сут., с асинхронным двигателем мощностью 63 кВт — 1503,7 кВт*ч/сут. Суммарное снижение потребления общей энергии составило 28620 кВт*ч/год или 5,2%. Испытания проводились в номинальном режиме работы оборудования. Максимальное снижение энергопотребления может составить до 25%, что подтверждено лабораторными испытаниями в России и за рубежом.

Полевые испытания подтвердили также и высокие показатели надежности разработанного ВЭД. Максимальная наработка одного из опытных образцов вентильного двигателя составила 789 суток, установка была демонтирована без выхода из строя электродвигателя. Последующий разбор и анализ состояния компонентов двигателя в сервисном центре после полевых испытаний показал, что большая часть компонентов пригодна для последующего использования.

Наработка первых прототипов, смонтированных в 2012 и 2013 годах, составила 789, 226 и 427 суток. *Следует отметить, что за все время эксплуатации с 2012 по 2015 год не было выявлено ни одного отказа, связанного с электрическими частями установки, что подтверждает надежность разработанной конструкции.*

РИС.6 РЕАКТИВНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭНЕРГИИ



Одним из существенных преимуществ ВЭД, разработанных компанией «Шлюмберже», является их полная совместимость с частотными преобразователями всех крупных производителей данного оборудования на территории России и стран СНГ, что подтверждено проведенными испытаниями.

Компания «Шлюмберже» сохраняет верность традициям технологических инноваций и постоянное стремление к расширению технических границ своих продуктов и услуг. Колоссальный опыт в создании качественных продуктов, отвечающих текущим потребностям мирового рынка, обеспечивает компании лидерство в области производства оборудования для механизированной добычи. Разработка собственного ВЭД представляет собой очередной успешный проект, реализованный компанией «Шлюмберже» в России в рамках комплексной программы импортозамещения. Появление погружного вентильного электродвигателя в линейке оборудования «Шлюмберже» в России не случайно. Именно российский рынок оборудования УЭЦН является передовым в области разработки ВЭД, и продукт компании «Шлюмберже» представляет собой очередную ступень в ее развитии. Дополнительно к известным преимуществам, характерных для всех ВЭД, таким как более высокие значения КПД (на 6–8% выше) и коэффициента мощности, низкие значения токов холостого хода, более высокие и стабильные

значения крутящих моментов во всем диапазоне рабочих частот вращения, ВЭД производства завода «Тюменские насосы Шлюмберже» максимально унифицированы конструктивно со стандартными асинхронными электродвигателями ПЭДМТ, что значительно упрощает процесс ремонта в сервисных центрах при лишь незначительном увеличении номенклатуры запасных частей.

Таким образом, успешный опыт разработки нового вентильного двигателя компании «Шлюмберже» в России, а также благополучный опыт его внедрения и эксплуатации на нефтедобывающих предприятиях Западной Сибири, наглядно демонстрируют дополнительные преимущества нового ВЭД в плане энергосбережения. В сочетании с традиционно высокими стандартами качества компании «Шлюмберже» эти преимущества позволяют создать синергетический эффект роста энергоэффективности механизированной добычи и повышения эффективности работы российских компаний-операторов в целом. 

625014, Россия,
Тюменская область,
г. Тюмень, 2-й км. Старого
Тобольского тракта,
д.8, строение 78

Телефон: +7 (3452) 52 13 90
Факс: +7 (3452) 52 13 93
E-mail: TPS-CS@slb.com

www.slb.ru
www.slb.com