

поверхностного натяжения до сверхнизких значений; использование щелочи в составе раствора позволяет снизить потери химических реагентов (ПАВ и полимер) за счет уменьшения адсорбции щелочью; уменьшение соотношения подвижности вытесняющего агента и нефти, увеличение коэффициента охвата пласта [3].

Типичный процесс ASP заводнения включает в себя несколько этапов. Предварительная промывка иногда используется с применением раствора солей для изменения солёности и других свойств горных пород и флюида. Первая оторочка вытесняющего агента представляет собой комбинацию щелочи и ПАВ, которая уменьшает поверхностное натяжение и изменяет смачиваемость породы. Совместное воздействие ПАВ и щелочи аккумулирует нефть, захваченную в пласте после заводнения.

Оторочка полимера увеличивает отношение подвижности нефти и закаченного раствора. Полимер повышает количество закачиваемой жидкости и увеличивает контактный объем резервуара и коэффициент охвата нефти. Следующим этапом является оторочка пресной воды, которая оптимизирует процесс восстановления химических реагентов [4].

Основные вызовы и ограничения технологии АСП следующие:

- сравнительно высокие эксплуатационные затраты из-за стоимости химических реагентов, к примеру, ПАВ (100% активного вещества) – 3-5\$/кг, а растворитель (например, изобутанол) – 1-1.5\$/кг, полимер – 4-6\$/кг и кальцинированная сода – 0.15-0.25\$/кг, стоимость химических реагентов в растворе АСП – 50-80\$/м³;

- потери химических реагентов, понижающие эффективность процесса: удержание в коллекторе (адсорбция на глинах, потери ПАВ в нефти), потеря химического раствора при закачке в непродуктивные зоны, хроматографическая сепарация компонентов раствора АСП, снижение активности раствора при взаимодействии с флюидами коллектора;

- понижение приемистости нагнетательных скважин при закачке химвраствора вызванное: закачкой более вязкого раствора полимера, солеобразования при реагировании химических реагентов с водой и породой коллектора, образование вязких водонефтяных эмульсий в коллекторе, закупоривание породы призабойной зоны скважины полимером;

- эксплуатация оборудования при заводнении АСП более сложная по сравнению с традиционным заводнением: более сложный процесс подготовки нефти при добыче стойких эмульсий, жесткие требования по подготовке закачиваемого раствора: водоподготовка и дозировка химврастворов, проблема утилизации, добытой жидкости, содержащей химические реагенты, могут также возникнуть логистические ограничения в связи с доставкой большого количества веществ на месторождения с неподходящей инфраструктурой [5].

На сегодняшний день не существует уникального метода увеличения нефтеотдачи, который можно было бы применять на всех месторождениях, которые отличаются друг от друга коллекторскими, физико-химическими свойствами пласта, т.е. невозможно применять какой-либо один метод воздействия. Следовательно, для каждого месторождения необходимо индивидуально подбирать технологию воздействия для увеличения нефтедобычи. Большое внимание следует обратить на комбинированные методы увеличения нефтеотдачи с использованием поверхностно-активных веществ. Существует еще множество работ, в которых приведены положительные и отрицательные качества ПАВ, возможности их применения и внедрения в технологию повышения нефтеотдачи пласта. Но однозначно можно сделать вывод, что это перспективное направление, требующее качественного изучения как самих ПАВ, так и смешанных растворов с полимерами, солями, кислотами и другими компонентами, способными улучшить их свойства.

Литература

1. Лисовский Н.Н. Ввод в разработку месторождений, залежей, содержащих трудноизвлекаемые запасы нефти // Вестник ЦКР Роснедра. – 2009. – № 6. – С. 30–32.
2. Fink J.K. Oil field chemicals // Oil Field Chemicals. – 2003. – 854 p.
3. Силин М.А. Публичный аналитический доклад по направлению научно-технологического развития «Новые технологии добычи и использования углеводородного сырья» // М.А. Силин. – М.: Национальный институт нефти и газа, 2014. – 452 с.
4. Abass A. Olajire. Review of ASP EOR (alkaline surfactant polymer enhanced oil recovery) technology in the petroleum industry: Prospects and challenges. // Energy. – 2014. – vol. 77. – p. 963–982.
5. Волокитин Я.Е., Шустер М.Ю., Карпан В.М. Методы Увеличения Нефтеотдачи и технология АСП // Rogtec: Russian oil and technologies. – 2015. – 28, Сен.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕНТИЛЬНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

С.С. Шурпик

Научный руководитель доцент И.В. Шарф

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день проблемы энергосбережения и энергоэффективности являются приоритетными во всех отраслях, где потребляется большое количество электроэнергии. Одним из самых приоритетных и перспективных направлений повышения энергоэффективности в нефтегазовом деле является внедрение ЭЦН с вентильными двигателями (ВЭД). Это объясняется тем, что более 60% расхода электроэнергии приходится на механизированный подъем жидкости, а от этой части, уже более 90% энергопотребления идет на работу УЭЦН.

Вентильно-реактивный двигатель (ВРД). Представляет собой синхронную машину с явно выраженными полюсами и управлением от станции питания с частотным управлением. ВРД позволяет управлять частотой вращения и крутящим моментом насосного агрегата аналогично комплекту асинхронный двигатель - ЧРП. Отличительной чертой ВРД от асинхронного двигателя является более высокий КПД во всем диапазоне регулирования частоты 80 – 97 % (у асинхронного двигателя с ЧРП 60%-92%). По сравнению с традиционными синхронными машинами (нет возможности регулирования оборотов) ВРД отличаются более простой конструкцией и аналогичным КПД.

Основным способом экономии энергоресурсов на предприятии является применение оборудования, обладающего необходимыми характеристиками и максимальным КПД во всем диапазоне условий применения.

Применение синхронных двигателей для поддержания пластового давления эффективно при постоянстве добычи с постоянными расходами. При необходимости изменения расходов пластовой воды на насосах с приводом от синхронных машин выполняется регулирование расхода регулирующей задвижкой, что значительно снижает КПД установки.

Таким образом, применение ВРД в качестве привода насоса поддержания пластового давления является наиболее оптимальным.

Особенности конструкции ВРД:

- отсутствие какой-либо обмотки ротора, ротор набран из листов;
- обмотка статора не имеет пересекающихся лобовых частей;
- модульность, как двигателя, так и системы управления;
- использование напряжения 380-570 В;
- простая конструкция электродвигателя.

Основные преимущества ВРД:

- низкая цена по сравнению с аналогичными приводами;
- высокий КПД на всем диапазоне регулирования, КПД выше 2-3% чем у альтернативных систем регулируемого привода при номинальных режимах работы, и значительно превосходит при снижении частоты вращения менее 70%.

- высокая надежность, возможность продолжения работы после выхода одного из полюсов двигателя, а также при неисправности одного из вентильных ключей управления.

- высокая ремонтпригодность, ремонт можно проводить на месте.

- высокая перегрузочная способность, ротор двигателя не греется, а как следствие увеличивается ресурс подшипников.

- высокая глубина регулирования как частоты вращения, так крутящего момента, позволяет автоматизировать систему управления приводами, тем самым повысить эффективность производственного процесс.

- устойчивая работа преобразовательной техники в условиях нестабильности напряжения в питающей сети.

- возможность прямого привода исключения промежуточных механизмов (редукторы)

Отдельно хотелось бы отметить создание на основе ВРД линейного привод штангового насоса.

- Увеличение объема и скорости добычи нефти (от 10 до 30%).

- Полная автоматизация процесса добычи по заданным алгоритмам. Автоматическая подстройка под меняющиеся параметры скважины. Управление параметрами добычи с удаленного доступа.

- Система крепится на устье скважины. Возможность быстрой установки и демонтажа системы с целью переноса на другую скважину. Возможность использования для определения дебета любой скважины.

На рис. 1 показана схема магнитной цепи четырехфазного вентильного электродвигателя с одной парой полюсов на фазу. Ротор машины представляет собой наборный магнитопровод с зубцами для модуляции магнитного потока. Статор содержит явно выраженные полюсные обмотки. Вращающий момент в электродвигателе создается благодаря стремлению магнитной системы ротора принять положение с минимальной энергией. Последовательно намагничивая полюсы создается непрерывное движение ротора.

Количество зубцов ротора выбирается меньшим. Поочередное намагничивание зубцов каждой фазы приводит к повороту вала электродвигателя на 15 град. Исходя из принципа действия ВРД, каждая его фаза может развивать ненулевой вращающий момент в двигательном режиме на интервале от рассогласованного до согласованного положения.

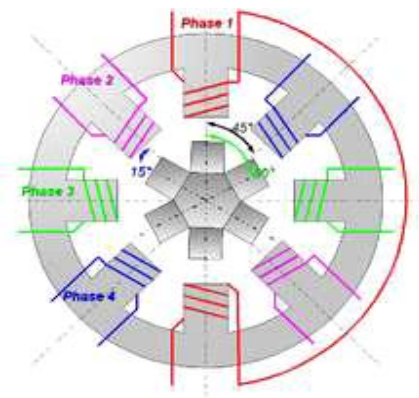


Рис. 1. Четырехфазный вентильный реактивно-индукторный двигатель

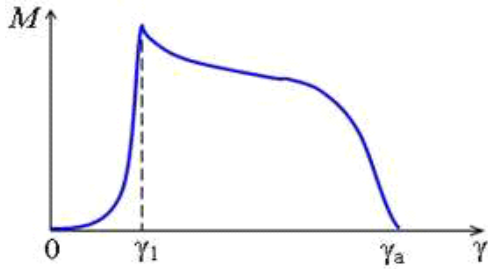


Рис. 2. Кривая мгновенного момента фазы двигателя

На границах моментной зоны момент, развиваемый фазой, принимает нулевое значение. Зависимость момента от угла рассогласования сильно зависит от количества числа фаз и формы зубцов (рис. 2).

Экспериментальные исследования данной зависимости показывают, что максимальный момент фазы развивается на интервале увеличения взаимного перекрытия полюсов статора и ротора. Начальный угол возникновения момента лежит в диапазоне 0-30град, зона максимального момента 80-130град.

Поскольку сила притяжения ферромагнитного якоря в электромагните не зависит от направления тока в катушке, фазы ВРД питаются однополярными импульсами тока, что позволяет выбрать более надежную конфигурацию силовой

схемы в сравнении с преобразователем частоты для асинхронного электропривода. Применение схемы несимметричного моста устраняет принципиальную возможность возникновения сквозных коротких замыканий в плече инвертора, не требует введения так называемого мертвого времени и компенсации его влияния на форму выходного напряжения, характерного для типовой трехфазной мостовой схемы инвертора, формирующего синусоидальные напряжения и токи за счет высокочастотной широтно-импульсной модуляции (ШИМ) интервалов работы силовых ключей. Питание фаз ВРД прямоугольными импульсами напряжения устраняет необходимость в ШИМ, что уменьшает динамические потери в силовых транзисторах, улучшает условия их охлаждения, увеличивает КПД статического преобразователя.

При несущих частотах ШИМ, 500Гц-10кГц, требования к изоляционным материалам существенно повышается, что приводит к удорожанию асинхронных электродвигателей. Это связано с тем, что при переключении транзисторов возникают фронты длительностью менее 5мкс, при воздействии таких переходных процессов, катушки представляют собой распределенную систему. При этом напряжение на катушке, ввиду наличия межвитковой емкости, распределяется неравномерно. Простая конструкция катушек ВРД позволяет выполнить изоляцию более надежной и частично снять вышеуказанные ограничения. Кроме того, в асинхронном электродвигателе с частотным регулированием любое повреждение обмоток (межвитковое замыкание, замыкание на корпус замыкание между фаз и пр.) приводит выходу из строя всего электропривода, в тоже время ВРД позволяет локально исключить поврежденную катушку (фазу) из работы и завершить или не останавливать производственный процесс допустив некоторую потерю мощности. Поэтому повреждение какой-либо одной или нескольких катушек не приводит к полной потере работоспособности привода, как у двигателей постоянного и переменного тока, а только частично снижает его мощность.

Простота конструкции магнитопроводов статора, ротора и катушечных обмоток двигателя, не имеющих пересекающихся лобовых частей, обеспечивает высокую технологичность, повышенные надежность, долговечность и ремонтпригодность (достаточно заменить одну катушку, вышедшую из строя).

Литература

1. Электропривод с вентильно-индукторным двигателем [Электронный ресурс]// <http://mybiblioteka.su>. Информационный сайт. Режим доступа: <http://mybiblioteka.su/3-30730.html>.
2. Оптимизация активной части вентильно-индукторного двигателя [Электронный ресурс]// Cyberleninka. Информационный сайт. – 2006. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-aktivnoy-chasti-ventilno-induktornogo-dvigatelya>.