

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Валишина Дениса Евгеньевича «Совершенствование асинхронного линейного электропривода скважинного плунжерного насоса для сельскохозяйственного водоснабжения»

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационный совет Д220.061.03 на базе ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по специальности 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

1. Актуальность темы исследования

Вода является одним из основных компонентов, без которых невозможна жизнь и функционирование не только человека, но и животного и растительного мира. Животноводческие и птицеводческие комплексы располагаются, как правило, на значительном удалении от источников централизованного водоснабжения. Поэтому их водоснабжение осуществляется от поверхностных источников, колодцев или артезианских скважин. В большинстве случаев для водоснабжения (особенно питьевой водой) используются подземные источники.

Постоянно растущая необходимость в увеличении объемов потребления воды настоятельно требует повышения производительности и энергетической эффективности электрооборудования насосных станций, обеспечивающих добычу и транспортировку жидких фракций. Поэтому разработка погружного плунжерного насоса оригинальной конструкции, обладающего повышенными энергетическими характеристиками несомненно представляет актуальную задачу.

Работа находится в русле поставленной правительством Российской Федерации государственной программы «Развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы»: шифр 01.05 «Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие».

Основная цель работы, повышение энергетической эффективности скважинного плунжерного насоса (СПН), решается автором в новой постановке путем применения в приводе цилиндрического линейного асинхронного двигателя (ЦЛАД) с упругими накопителями энергии в сочетании с периодическим переключением питания ЦЛАД двигателя с трехфазного на двухфазное.

Отсутствие общих научно обоснованных подходов к проектированию таких двигателей для приводов плунжерных насосов, открывающих пути значительного повышения энергетических характеристик и снижения металлоемкости насосной установки, и является проблемой, которую решает автор в рамках рецензируемой работы.

Практическая новизна разработки подтверждается полученными патентом РФ на изобретение.

2. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Основная идея диссертации состоит в разработке нового типа электропривода для погружных плунжерных насосов на основе цилиндрических линейных асинхронных двигателей с механическими накопителями энергии. Такой подход обладает оригинальностью и соответствует основным тенденциям в развитии современного электропривода, направленным на ресурс- и энергосбережение и тесную интеграцию компонентов электропривода, ориентированную на создание мехатронных систем.

К наиболее **значимым результатам** диссертационного исследования, выносимым на защиту, следует отнести:

1. Новый подход к построению привода погружных плунжерных насосов;
2. Новую концепцию реализации реверсивного режима работы ЦЛАД в приводе СПН;
3. Математическую модель СПН на основе привода с цилиндрическим ЛАД и пружинными накопителями энергии для расчета его производительности с учетом совместного действия электромагнитных и механических сил;
4. Комплекс положений, направленных на рациональное проектирование СПН с линейным электроприводом.

Новыми научными результатами, полученными автором, являются:

1. Новый подход к построению электропривода СПН, основанный на использовании ЦЛАД с упругими накопителями механической энергии;
2. Новый подход к управлению ЦЛАД, реализующий реверсивный режим работы за счет периодической коммутации одной фазы двигателя при трехфазном питании;
3. Математическая модель электропривода СПН на базе ЦЛАД с упругими накопителями механической энергии, учитывающая совместное действие электромагнитных и механических сил и позволяющая исследовать его работу при периодической коммутации трехфазного режима в двухфазный;
4. Выявленные закономерности влияния на производительность насосной установки конструктивных, технологических и электрических параметров и характеристик линейного двигателя.

Достоверность полученных результатов подтверждается:

1. Корректным обоснованием принятого математического аппарата для построения и анализа математической модели цилиндрического линейного асинхронного двигателя машины и привода скважинного плунжерного насоса с пружинными накопителями энергии;

2. Сопоставимостью полученных результатов моделирования процессов в асинхронном электроприводе СПМ с данными экспериментальных исследований на созданной автором экспериментальной установке;

3. Применением в исследованиях современного сертифицированного контрольно-измерительного оборудования и лицензионного программного обеспечения для статистической обработки экспериментальных данных.

3. Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения по работе, списка использованных источников и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыты основные научные положения, выносимые на защиту. Определена практическая ценность полученных результатов.

В первой главе рассмотрено современное состояние водоснабжения питьевой водой в сельской местности, откуда следует, что при строительстве новых скважин требуется переход на более глубокие водоносные горизонты. На основе анализа существующих типов насосов показано, что для добычи воды из скважин наиболее перспективно применение погружных плунжерных насосов. Указывается, что часть недостатков СПН может быть устранена применением в электроприводе ЦЛАД с упругими накопителями механической энергии. Предложена новая конструктивная схема СПН с ЦЛАД и способ его управления, позволяющий повысить энергетическую эффективность насоса.

Во второй главе основные усилия автора направлены на разработку математической модели линейного асинхронного электропривода скважинного плунжерного насоса. Составлена кинематическая схема работы привода с цилиндрическим ЛАД и упругими накопителями энергии. На основе кинематической схемы составлены дифференциальные уравнения динамики движения плунжера насоса при трехфазном и двухфазном питании асинхронного двигателя. Математическое моделирование электромагнитных процессов ЦЛАД осуществляется по схемам замещения на базе уравнений Парка-Горева. Математическая модель реализована в среде объектно-визуального моделирования Matlab (приложение Simulink).

В третьей главе с помощью разработанной модели проведено исследование взаимного влияния характеристик ЦЛАД, конструктивных параметров привода, упругих пружин и технологических факторов на рабочие характеристики и энергетические показатели привода. Выявлены преимущества способа управления ЦЛАД с периодическим приключением питания обмоток двигателя с трехфазного режима на двухфазный.

В четвёртой главе дается описание разработанной с участием автора действующей экспериментальной установки СПН с приводом на базе цилиндрического линейного асинхронного двигателя. Приведены программа и методика экспериментальных исследований, а также важнейшие

результаты исследований. Математическая обработка результатов экспериментов подтверждает их соответствие полученным теоретическим результатам.

Расхождение теоретических и экспериментальных данных по большинству показателей не превышает 10%, что позволяет использовать разработанные математические модели в практических расчетах и считать их адекватно отражающими физические процессы в приводе СПН.

В пятой главе оценивается технико-экономическая эффективность применения СПН с приводом на базе цилиндрического линейного асинхронного двигателя.

Выводы, приведенные в заключении, подтверждены значительным объемом исследований как теоретического, так и экспериментального характера, обладают новизной, что документально подтверждается государственной патентной экспертизой.

4. Значение полученных результатов для науки и практики

Ценность диссертационной работы для науки заключается в следующем:

1. Разработана и защищена патентом РФ конструкция скважинного плунжерного насоса на базе цилиндрического линейного асинхронного двигателя;

2. Разработаны математическая и компьютерная модель СПН с ЦЛАД, позволяющая исследовать технологические и электромеханические процессы в насосной установке с учетом конструктивных и энергетических параметров привода.

3. Проведено исследование влияния величины напряжения источника питания, жесткости упругих элементов и геотермических размеров плунжера на производительность насосной установки.

Проведенные исследования математической модели позволяют дать рекомендации по проектированию приводов плунжерных насосов с цилиндрическим ЛАД. Это определяет практическую значимость полученных теоретических результатов, так как открывается возможность реализации скважинных плунжерных насосов, обладающих высокой производительностью и надежностью при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах. Установленные закономерности могут быть использованы при инженерных расчетах насосных установок.

Практическая значимость диссертационной работы подтверждается также внедрением ее результатов в агрофирме ООО «У КОРНО», ООО «ИспЭК» и в учебном процессе Башкирского ГАУ.

5. Полнота публикаций научных результатов

Основные результаты исследований и положения работы широко представлены на конференциях различного уровня. По теме диссертации автором опубликовано 15 печатных работ, в том числе 2 статьи в

рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, получен патент РФ на изобретение. Опубликованные работы достаточно полно отражают полученные научные результаты, а также основные аспекты их практической реализации. Автореферат с достаточной полнотой отражает содержание диссертации.

6. Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. Следовало бы более внимательно отнестись к редактированию рукописи. В тексте диссертационной работы имеют место несогласования предложений и стилистические ошибки, не верно указан номер рисунка на стр. 74. Зачем в главе 1 п. 1.6? Цель и задачи сформулированы во введении, стоило ли их повторять в пункте 6 главы 1?

2. В разделе 1.1. приведена формула полезной мощности, однако величины, входящие в формулу не раскрыты. Нет строгости в обозначении одних и тех же величин, характеризующих основные параметры насосов: в одних местах курсивом, в других - прямым шрифтом.

3. В разделе 2.2 требуют пояснений системы уравнений (2.5) и (2.6). Что определяет система уравнений (2.5), момент времени или координату? Совершенно не понятна система уравнений (2.6), из которых следует, что $t_{\text{ост}} = t_{\text{откл}}$? Кроме того, во втором уравнении системы (2.6) очевидно перепутан индекс у скорости?

4. В уравнениях (2.10) – (2.12) мгновенные значения величин следует обозначать малыми буквами.

5. Совершенно нет пояснений, для чего сформулированы уравнения (2.4) – (2.9) и как они включены в состав математической модели.

6. Одним из основных элементов привода погружного насоса является цилиндрический линейный асинхронный двигатель. По каким методикам рассчитывались параметры схемы замещения ЦЛАД, вносят ли какие-то особенности на параметры ЦЛАД экстремальные условия его эксплуатации?

7. Некоторые допущения, принятые при построении математической модели ЦЛАД (с.38) требуют серьезного обоснования. Например, отсутствие гистерезиса и потерь в стали; не зависимость индуктивного сопротивления рассеяния от положения вторичного элемента; пренебрежение краевыми эффектами.

8. Для линейных асинхронных двигателей одним из наиболее значимых параметров является полюсное деление. От его величины существенно зависят основные характеристики машин. Непонятно, каким образом автор сумел «обойти» этот параметр. В работе нет ни рекомендаций по его выбору, ни оценки его влияния на характеристики привода.

9. Почему осталось без внимания влияние на характеристики привода жесткости верхнего накопителя механической энергии?

