

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОПОНЕНТА
на диссертационную работу Яшина Антона Николаевича
«Повышение энергоэффективности электроприводов установок штанговых
глубинных насосов нефтедобывающих скважин», представленную на
соискание степени кандидата технических наук по специальности
2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

1. Актуальность работы

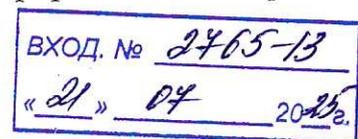
В настоящее время использование установок штанговых глубинных насосов (УШГН) является одним из основных способов добычи нефти в РФ и во всем мире. Однако большинство скважин, эксплуатируемых УШГН, работает на пределе рентабельности из-за низких дебитов и высокого электропотребления. Перевод их на периодический режим эксплуатации приводит к системным колебаниям динамического уровня, что влияет на нагрузки на штанговую колонну и балансирный привод. Одним из параметров, оказывающих существенное влияние на потребление электроэнергии УШГН, является уравновешенность станка-качалки. При существующих технологиях уравновешивания узлы станков-качалок подвержены значительному усталостному износу из-за высоких нагрузок на привод. Это приводит к преждевременным отказам оборудования и росту электропотребления. Помимо этого, значительные колебания крутящего момента отрицательно влияют на работу клиноременных передач. Таким образом, актуальность уравновешивания УШГН связана с необходимостью обеспечения эффективной работы установок, рационального энергопотребления и загруженности узлов станка-качалки.

Это позволяет утверждать, что научная проблема, сформулированная в диссертации Яшина А.Н., является актуальной и имеет важное научно-техническое значение.

2. Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация Яшина Антона Николаевича «Повышение энергоэффективности электроприводов установок штанговых глубинных насосов нефтедобывающих скважин» содержит введение, пять глав основного текста на 157 страницах, заключение, список литературы из 113 наименований, 4 приложения. Общий объем диссертации составляет 170 страниц, включая 90 рисунков и 19 таблиц.

Во введении сформулированы цель и задачи исследования, изложены методы исследования, указаны положения, выносимые на защиту, отражены научная новизна и практическая значимость работы, приводится информация об апробации



работы и публикациях, излагаются представления автора о степени изученности темы и малоисследованных аспектах.

Первая глава посвящена использованию УШГН в российской нефтедобыче. В ней подробно описываются конструкция штанговых глубинных насосов (ШГН), а также структура их электротехнического комплекса (ЭТК). Анализ включает в себя описание типичных неисправностей и проблем, возникающих при эксплуатации УШГН, анализируется их влияние на качество электрической энергии и энергоэффективность эксплуатации установок. Также в первой главе проанализированы способы улучшения показателей качества электроэнергии и повышения энергоэффективности ЭТК нефтедобывающих скважин, включая скважины с автономным электропитанием.

Вторая глава посвящена анализу методов контроля за состоянием скважинного нефтедобывающего оборудования. Особое внимание уделено оценке сбалансированности УШГН путем анализа ваттметрограмм. Автором предложена усовершенствованная математическая модель, которая позволяет получить динамограммы расчетным методом из измеренных ваттметрограмм. Разработанная модель основана на кинематической схеме станка-качалки с учётом динамических процессов, происходящих в системе.

В третьей главе исследуется применение вентильных двигателей (ВД) в УШГН для повышения эффективности процесса нефтедобычи. По сравнению с асинхронным двигателем ВД обладает более высоким КПД и большей перегрузочной способностью. В работе представлена усовершенствованная методика проектирования электроприводов УШГН на базе ВД. Разработанные модели позволяют ускорить и упростить процесс проектирования ВД УШГН, а также смоделировать его работу в условиях потенциальных осложнений.

В четвертой главе рассматривается эффективность применения возобновляемых источников энергии для обеспечения бесперебойности электроснабжения УШГН. Разработана усовершенствованная методика подбора параметров ветросолнечной электростанции. Выполнено исследование эффективности применения электростанции на возобновляемых источниках энергии при различных компоновке станции и сценариях использования УШГН. Разработана имитационная модель, которая может использоваться для оценки эффективности применения энергетических установок на базе возобновляемых источников при различных значениях климатических факторов и сценариев эксплуатации.

В пятой главе представлены результаты практической реализации и оценки эффективности разработанных решений. Предложенные в работе технические решения были использованы ИК «Квантор» при создании интеллектуальной станции управления электроприводом УШГН. Были проведены испытания на электромеханическом стенде, имитирующем работу ВД привода УШГН при

изменяющихся циклических нагрузках, а также при изменении напряжения питающей сети. Проведена оценка экономической эффективности мероприятий по улучшению сбалансированности и обеспечению автономного электропитания УШГН.

В заключении приведены основные выводы и результаты диссертационного исследования.

В приложении содержатся свидетельства о государственной регистрации результатов интеллектуальной деятельности, листинги программ и материалы о внедрении результатов диссертационной работы.

3. Научная новизна темы диссертационного исследования

Научная новизна работы заключается в следующем:

- разработана оригинальная модель для численного получения динамограммы из замеров ваттметрограммы, отличающаяся тем, что учитывает кинематическую схему станка-качалки и влияние инерционных масс;
- автором получена усовершенствованная компьютерная модель «УШГН – станок качалка», позволяющая имитировать влияние изменения параметров балансирующего уравновешивающего контргруза на выходные параметры УШГН;
- предложена усовершенствованная методика проектирования электроприводов УШГН на базе вентильных электродвигателей, которая позволяет учитывать характеристики приводного механизма для УШГН и конструктивные особенности ВД;
- автором разработана усовершенствованная методика расчета гибридной ветросолнечной электростанции для УШГН, которая позволяет учитывать эксплуатационные расходы и количество неиспользованной электроэнергии, а также позволяет решить задачу оптимизации уровня избыточной электроэнергии и величины неудовлетворенной нагрузки.
- разработана интеллектуальная станция управления электроприводами УШГН, отличающаяся от известных тем, что имеющийся в ней разработанный скважинный контроллер позволяет обеспечивать функцию автоматической балансировки уравновешивающих контргрузов.

4. Теоретическая и практическая значимость

Результаты исследования дополняют теорию электропривода штанговых глубинных насосных установок и помогают решать задачи уравновешивания УШГН, работающих при изменяющихся циклических нагрузках. Разработанные технические решения способствуют снижению потребления электроэнергии

приводами в процессе добычи нефти, а также уменьшают износ оборудования установки ШГН. Изложенные в диссертации теоретические изыскания и разработанные имитационные модели используются в учебном процессе на кафедре «Электротехника и электрооборудование предприятий» ФГБОУ ВО УГНТУ, а предложенные технические решения – в производственном процессе ИК «Квантор».

5. Достоверность и обоснованность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных результатов исследования основана на использовании признанных положений отечественной и зарубежной науки, корректном применении современных апробированных методов аналитического и компьютерного моделирования с использованием разработанных автором расчетных программ.

6. Апробация работы и публикации

Основные положения диссертации многократно докладывались и обсуждались на научно-технических международных и всероссийских конференциях.

По теме диссертационной работы опубликовано 10 научных трудов, в том числе 2 статьи в изданиях, входящих в перечень Scopus, 5 статей, входящих в перечень ВАК РФ, один патент на полезную модель и два свидетельства РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ.

7. Соответствие диссертации специальности, по которой она представлена к защите

Тема и содержание диссертационной работы соответствуют паспорту специальности ВАК РФ 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы:

- п. 1 «Развитие общей теории электротехнических комплексов и систем, изучение системных свойств и связей, физическое, математическое, имитационное и компьютерное моделирование компонентов электротехнических комплексов и систем, включая электромеханические, электромагнитные преобразователи энергии и электрические аппараты, системы электропривода, электроснабжения и электрооборудования»;

- п. 3 «Разработка, структурный и параметрический синтез, оптимизация электротехнических комплексов, систем и их компонентов, разработка алгоритмов эффективного управления».

8. Замечания и дискуссионные положения

К диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. В диссертационной работе рассматривается асинхронный и вентильный электропривод станков-качалок. Автор не рассмотрел цепные и гидравлические приводы, а также использование погружных линейных электродвигателей.

2. В работе предлагается оснащать каждую УШГН отдельным преобразователем частоты. Не будет ли более эффективно использовать на кусте скважин один общий выпрямитель и индивидуальные инверторы для каждого двигателя?

3. Отсутствует анализ допустимых погрешностей датчиков тока и напряжения для измерения ваттметрограмм. Как их погрешность влияет на искажения получаемого графика динамограммы?

4. В пятой главе не проанализированы требования к мощности используемого микроконтроллера (объем необходимой памяти для хранения программ и данных, быстродействие).

5. На странице 91 указано, что методика проектирования позволяет учитывать циклически изменяющуюся нагрузку, но исходя из представленной в третьей главе методики не ясно каким образом и на каком этапе расчётов учитывается изменение нагрузки в цикле.

6. На странице 126 при описании алгоритма работы контроллера указано, что в него вводится значение нормативного удельного расхода электроэнергии УШГН, на основании которого в дальнейшем принимается решение о корректировке режима эксплуатации. Однако в тексте работы не указано каким образом определяется данный показатель.

Высказанные замечания не снижают ценности исследования.

Заключение

Диссертация Яшина Антона Николаевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой соискателем разработаны технические решения, методики, алгоритмы и программы, имеющие важное научно-техническое значение. В ней изложены новые научно-обоснованные решения по снижению потребления электроэнергии, затрачиваемой при механизированной добыче нефти, и сохранения ресурса электропривода и насосного оборудования в процессе эксплуатации. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы. Автореферат диссертации в полной мере отражает ее содержание.

Диссертационная работа «Повышение энергоэффективности электроприводов установок штанговых глубинных насосов нефтедобывающих скважин» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук согласно п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции Постановления Правительства России от 16 октября 2024 года № 1382), а ее автор, Яшин Антон Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Официальный оппонент

Канд. техн. наук,

Доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации»

ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Мишуриных Сергей Владимирович

Кандидатская диссертация защищена по специальности

05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

тел.: +79824387989

e-mail: sergeymishurinskikh@yandex.ru

Даю свое согласие на обработку персональных данных.

Подпись Мишуриных С.В. Заверяю.



Учёный секретарь
Учёного совета ПНИПУ

В.И. Макаревич

70. 07 2024 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Адрес: 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29