

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной
и инновационной работе

ФГБОУ ВО «УГНТУ»


И.Г. Ибрагимов
« 04 » / 06 / 2024 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Уфимский государственный нефтяной
технический университет»

Диссертация «Энергоресурсосберегающие режимы работы электротехнического комплекса воздушного охлаждения газа» выполнена на кафедре «Электротехника и электрооборудования предприятий» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

В период подготовки диссертации с 2009 г. и по настоящее время соискатель Пашкин Василий Валериевич работает в ООО «Газпром добыча Ямбург» в должности инженера-энергетика I категории.

В 2008 году с отличием окончил ГОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» с присуждением квалификации «инженер».

В 2013 году окончил заочную аспирантуру ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

В 2023 году прикреплен к кафедре «Электротехника и электрооборудования предприятий» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» для подготовки диссертации на соискание учёной степени кандидата наук без освоения программ подготовки научно-технических кадров в аспирантуре по специальности 2.4.2 «Электротехнические комплексы и системы».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов и удостоверение выданы ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (№№ 344-24, 343-24 от 15.05.2024).

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Шабанов Виталий Алексеевич, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», кафедра «Электротехника и электрооборудования предприятий», профессор кафедры.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1 Оценка выполненной соискателем работы

По актуальности поставленных задач, методическому и научному уровню исследований, их новизне и практической значимости диссертационная работа Пашкина В.В. является законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует критериям, установленным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (п. 9-14) (в редакции Постановления правительства РФ от 25 января 2024 года № 62), ВАК Министерства образования и науки РФ и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. В соответствии с п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные технические решения и разработки частотно-регулируемого электропривода АВО газа, имеющие существенное значение для повышения энергоэффективности и ресурсосбережения в технологическом процессе добычи газа.

2 Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Лично автором выполнен обзор патентных и литературных источников в области повышения энергоэффективности электротехнического комплекса воздушного охлаждения газа.

Автор участвовал в разработке и патентовании способа комбинированного частотного пуска электропривода вентилятора в режиме авторотации, основанного на функции подхвата преобразователя частоты, позволяющего обеспечить пуск электродвигателя в широком диапазоне скоростей авторотации, уменьшить потери мощности до 7-10% и термический износ изоляции до 3,4 % по отношению с непосредственным подключением электродвигателя к сети.

Автор участвовал в разработке имитационных модели и исследовании на их основе различных способов комбинированного пуска, включающих стадии торможения: противовключением, динамическое, плавное, частотное и последующего пуска: прямой, плавный, частотный. На основе моделирования установлено, что температура двигателя на момент выхода на номинальную скорость вращения может превысить допустимое значение по классу изоляции, а при скольжениях более 1,4 пуск электродвигателя возможен только применением частотного метода.

Автором на основе результата анализа распределения температуры вдоль охлаждающей секции АВО газа получено уравнение теплового КПД секции двухступенчатого охлаждения газа, вычисляемое по тепловым КПД каждого из АВО в отдельности по параметрам требуемой температуры газа на выходе секции, температуры наружного воздуха, фактической температуры газа на входе установки охлаждения газа и расхода газа по охлаждающей секции.

Автором разработан способ оптимального управления взаимосвязанного электропривода секции АВО газа с двухступенчатым охлаждением, позволяющий снизить потребление электроэнергии электродвигателями охлаждающей секции.

Автором выполнен структурно-параметрический синтез системы управления для способа оптимального управления взаимосвязанного частотно-регулируемого электропривода АВО газа с двухступенчатым охлаждением с улучшенными энергетическими показателями.

Автор участвовал в разработке и регистрации программы для ЭВМ, оптимизационного алгоритма и методики расчёта оптимальных параметров оптимального управления ЧРП АВО газа для заданных технологических параметров установки охлаждения газа по критерию минимума потребляемой мощности. В результате расчёта показано, что при использовании данной методики достигается экономия потребляемой мощности до 65% по отношению к способу дискретных переключений

Автором доказана технологическая эффективность предложенного способа оптимального управления взаимосвязанного электропривода секции АВО газа с двухступенчатым охлаждением, т.к. при работе двух вентиляторов одного АВО газа с одной скоростью вращения минимизируется аэродинамическое противодавление и исключается рециркуляция воздушных потоков, а распределение тепловой нагрузки вдоль охлаждающей секции устраняет неблагоприятные зоны интенсивного отбора тепла и снижает риск льдогидратообразований в теплообменной части.

3 Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность выводов результатов работы обеспечивается корректным использованием математических методов, проверкой теоретических выводов методами математического моделирования, апробацией основных положений работы в научных публикациях автора и научно-технических конференциях.

4 Научная новизна исследования.

Разработан способ комбинированного частотного пуска электропривода вентилятора в режиме авторотации, основанный на функции подхвата преобразователя частоты, отличающийся тем, что определяется направление и скорость вращения ротора, плавно снижается частота до нулевого значения с последующим частотным пуском, позволяющий обеспечить пуск в широком

диапазоне скоростей авторотации при минимуме потерь мощности и износе изоляции (патент РФ на изобретение № 2656846).

Впервые получено уравнение теплового КПД секции двухступенчатого охлаждения газа, вычисляемого на основе теплового КПД каждого из АВО в отдельности, определяемых по тепловой характеристике.

Разработан способ управления частотно-регулируемым приводами секции АВО газа с двухступенчатым охлаждением, отличающийся тем, что выбор оптимальных по параметру минимизации потребления электрической энергии электродвигателями частот вращения вентиляторов охлаждающей секции АВО газа основывается на расчёте максимального теплового КПД охлаждающей секции и расчёте оптимальных тепловых КПД каждого из аппаратов АВО в отдельности, позволяющий снизить потребление электроэнергии электродвигателями охлаждающей секции (свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015615234).

Установлено, что работа двух вентиляторов одного АВО газа с одной скоростью вращения минимизирует аэродинамическое взаимовлияние и рециркуляцию воздушных потоков, тем самым снижает вероятность преждевременной выработки ресурса электродвигателей.

Показано, что распределение тепловой нагрузки вдоль охлаждающей секции устраняет неблагоприятные зоны интенсивного отбора тепла и снижает риск льдо-гидратообразований в теплообменной части, а также обеспечивает идентичные условия эксплуатации обоих АВО секции, и как следствие, эксплуатационные изменения тепловых характеристик происходят равномерно для обоих АВО.

5 Теоретическая ценность и практическая значимость работы

Результаты работы дополняют теорию частотно-регулируемого электропривода и позволяют решать задачи управления электроприводами вентиляторных и насосных установок в условиях аэродинамического и гидравлического противодействия среды с авторотацией исполнительных механизмов.

Разработанные технические решения позволяют снизить потребление электроэнергии электроприводами в технологическом процессе охлаждения газа и регулировании температуры газа на выходе охлаждающей секции, а также уменьшить износ изоляции при пуске электродвигателей в электротехническом комплексе воздушного охлаждения газа.

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 ООО «Газпром добыча Ямбург».

6 Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Основные положения диссертации опубликованы в 34 работах (10,63 п. л. / личный вклад 5,34 п. л.), в том числе: 4 статьи – в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных перечнем ВАК (1,81 п. л. / 0,60 п. л.) по профильной специальности, 1 статья в издании, индексируемом в базах Web of Science и SCOPUS (0,19 п. л. / личный вклад 0,06 п. л.), 26 статей в сборниках научно-технических конференций, получен 1 патент РФ на изобретение, 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Статьи в научных изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК:

1. **Пашкин В. В.**, Шабанов В. А., Ивашкин О. Н. Оптимизационный алгоритм управления частотно-регулируемым электроприводом в электротехническом комплексе двухступенчатого охлаждения газа // Научный журнал «Электротехнические и информационные комплексы и системы». 2023. № 4. Т. 19. С. 75-83. <http://dx.doi.org/10.17122/1999-5458-2023-19-4-75-83>.
2. Шабанов В. А. Способ подхвата преобразователя частоты электропривода вентилятора в режиме авторотации / В. А. Шабанов, **В. В. Пашкин**, О. Н. Ивашкин // Научный журнал «Электротехнические и информационные комплексы и системы». 2019. № 1. С. 26-32.

<http://www.ugues.ru/files/ЭИКС/1-tom-15-2019-ii-var.pdf>. Личный вклад автора заключается в патентном анализе и разработке структурной схемы частотного пуска с определением направления вращения ротора.

3. Шабанов В. А. Ресурсосберегающий эффект от использования функции подхвата преобразователя частоты электропривода при авторотации вентиляционных установок / В. А. Шабанов, **В. В. Пашкин**, О. Н. Ивашкин // Журнал «Энергобезопасность и энергосбережение». 2019. № 2. С. 34-39. Личный вклад автора заключается в разработке математической модели оценки износа изоляции и проведённых расчётах относительного износа изоляции при различных начальных скольжениях асинхронного электродвигателя.

4. Шабанов В. А. Анализ потерь электроэнергии в электроприводе аппарата воздушного охлаждения газа / В. А. Шабанов, **Пашкин В. В.**, О. Н. Ивашкин // Научный журнал «Электротехнические и информационные комплексы и системы». 2014. №1. С. 18-24. URL: <http://www.ugues.ru/files/eics/7.pdf>. Личный вклад автора заключается в моделировании электропривода, исследовании процесса пуска и анализе энергетических показателей.

Статьи в изданиях, индексируемых в базах Web of Science и SCOPUS:

1. V. A. Shabanov The mode of anti-switching of the electric drive during the reverse rotation of the impeller of the fan and pumping units / V. A. Shabanov, **V. V. Pashkin**, O. N. Ivashkin // IEEE 2019 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems. Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2019. Paper_97. DOI: 10.1109/ICOECS46375.2019.8949947. Личный вклад автора заключается в анализе негативного влияния режима противовключения электродвигателя в режиме авторотации и обратном раскручивании.

В других изданиях:

1. **Пашкин В. В.** Способ управления частотно-регулируемым приводом АВО газа при двухступенчатом охлаждении / В. А. Шабанов, О. Н. Ивашкин // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2019. № 3. С. 177-194. <http://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2019-3-177-194>. Личный вклад автора

заключается в анализе тепловых характеристик АВО газа, определении суммарного теплового КПД охлаждающей секции.

2. Шабанов В. А. Анализ пуска электроприводов автоматического воздушного охлаждения газа в режиме противовключения / В. А. Шабанов, **Пашкин В. В.** // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2013. №1. С. 27-36. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Shabanov/Shabanov_15.pdf. Личный вклад автора заключается в исследовании зависимости времени пуска электродвигателя от скорости обратного вращения.

3. **Пашкин В. В.**, Ивашкин О. Н. Динамика ЧРП аппаратов воздушного охлаждения газа при подхвате колеса вентилятора в режиме авторотации // Сборник научных трудов XV Всероссийской научно-технической конференции «Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем» (ДНДС-2023) / – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2023. С. 209 - 210. Личный вклад автора заключается в исследовании результатов моделирования динамических режимов электродвигателя АВО газа.

4. **Пашкин В. В.** Структурно-параметрический синтез системы управления ЧРП АВО газа при двухступенчатом охлаждении // Электропривод, электротехнологии и электрооборудование предприятий: сборник научных трудов VIII Международной научно-технической конференции / отв. ред. М. И. Хакимьянов; зам. отв. редактора П. А. Хлюпин; редкол.: Р. Т. Хазиева, М. Д. Иванов, Г. Е. Димукашева. – Уфа: УНПЦ «Издательство УГНТУ», 2023. – С. 65 – 69.

5. **Пашкин В. В.** Энергоресурсосберегающие решения при эксплуатации электропривода вентиляторных установок газовых промыслов / В. А. Шабанов, О. Н. Ивашкин // Электротехнические комплексы и системы: материалы международной научно-практической конференции. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: РИК УГАТУ, 2019. С. 199-205. Личный вклад автора заключается в разработке и исследовании способа управления электроприводом двухступенчатой схемы охлаждения газа.

Патенты и свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:

1. Пат. РФ № 2 656 846 С1, H02P 1/30 (2006.01), H02P 27/06 (2006.01) Способ подхвата преобразователя частоты / **В. В. Пашкин**, В. А. Шабанов, О. Н. Ивашкин. Заявл. 10.04.2017. Опубл. 07.06.2018. Бюл. № 16. Личный вклад автора заключается в поиске аналогов и прототипа, описании изобретения.

2. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2015615234 «Программа расчёта оптимальных частот вращения электроприводов АВО газа в двухступенчатой схеме охлаждения газа» / **В. В. Пашкин**, О. Н. Ивашкин, В. А. Шабанов М.: Роспатент. 2015. Личный вклад автора заключается в разработке оптимизационного алгоритма, реализуемого в программе.

3. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2015615235 «Расчёт относительного уменьшения срока службы изоляции электродвигателей» / **В. В. Пашкин**, О. Н. Ивашкин, В. А. Шабанов М.: Роспатент. 2015. Личный вклад автора заключается в проработке методик расчёта относительного износа изоляции в режиме противовключения электродвигателя.

Опубликованные работы полностью отражают основные положения, содержания диссертационной работы, основные результаты и рекомендации, выносимые на защиту. В диссертации «Энергоресурсосберегающие режимы работы электротехнического комплекса воздушного охлаждения газа» отсутствует заимствованный материал без ссылок на авторов и источники заимствования.

Проверка диссертационной работы системой «Антиплагиат ВУЗ» показала, что оригинальный текст в документе составляет 91,04 %, заимствованы 8,15 %, а процитированы 0,81 %, что соответствует требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

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, анализ 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».

п. 4. «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов, систем и их компонентов в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов».

Отрасль науки - технические науки, поскольку приведенные результаты исследований дают существенный технический эффект при использовании и внедрении в электротехническом комплексе воздушного охлаждения газа.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические решения и разработки частотно-регулируемого электропривода АВО газа, имеющие существенное значение для снижения энергозатрат и ресурсосбережения в технологическом процессе добычи газа.

Диссертация «Энергоресурсосберегающие режимы работы электротехнического комплекса воздушного охлаждения газа» Пашкина Василия Валериевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.2. «Электротехнические комплексы и системы».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Электротехника и электрооборудование предприятий» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет». Присутствовало на заседании 18 чел.

Результаты голосования: «за» – 18 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 11 от «03» июня 2024 г.

Заведующий кафедрой «Электротехника и электрооборудование предприятий»
ФГБОУ ВО «УГНТУ», д-р. техн. наук

по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы,

доцент  Марат Ильгизович Хакимьянов

E-mail: EEP-UGNTU@yandex.ru

Тел.: (347) 242-07-59

Подпись Хакимьянова М.И. заверяю:

 Дадаян Ольга Анатольевна
начальник Отдела по работе с персоналом
«03»  2024 г.



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, д.1, тел.: +7(347)242-03-70

e-mail: info@rusoil.net