

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.479.10, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27.09.2024 г. № 6

О присуждении Пашкину Василию Валериевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Энергоресурсосберегающие режимы работы электротехнического комплекса воздушного охлаждения газа» по научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы принята к защите 26.06.2024 г. протокол № 3 диссертационным советом 24.2.479.10, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32, созданного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №832/нк от 20.04.2023 г.

Соискатель **Пашкин Василий Валериевич**, 26 февраля 1986 года рождения, работает в должности инженера-энергетика I категории газового промысла № 5 Газопромыслового управления ООО «Газпром добыча Ямбург».

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 был 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 научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы. Справка о результатах сдачи кандидатских экзаменов и удостоверение выданы ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (№№ 344-24, 343-24 от 15.05.2024 г.).

Диссертация выполнена на кафедре «Электротехника и электрооборудования предприятий» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

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

Официальные оппоненты:

1. Доктор технических наук, профессор Корнилов Владимир Юрьевич, профессор кафедры «Приборостроение и мехатроника» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»;

2. Кандидат технических наук, доцент Сухачев Илья Сергеевич, заведующий базовой кафедрой АО «СУЭНКО» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный

университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанным заведующим кафедрой теоретической электротехники и электрификации нефтяной и газовой промышленности РГУ нефти и газа имени Губкина, доцентом Комковым Александром Николаевичем, утвержденным проректором по научной работе, канд. техн. наук, доцентом Калашниковым Павлом Кирилловичем, указала, что диссертация Пашкина Василия Валериевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены основные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития энергоэффективных отечественных электротехнических комплексов воздушного охлаждения газа.

Диссертация полностью отвечает требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции Постановления Правительства РФ от 25 января 2024 года № 62). Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы. Автор диссертационной работы Пашкин Василий Валериевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Соискатель имеет 34 опубликованные работы, в том числе 4 статьи в научных изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, 27 статей в других изданиях. Получен 1 патент на изобретение и 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем публикаций – 10,63 п.л., авторский вклад – 5,34 п.л.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

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>. – *Соискателем получен тепловой КПД двухступенчатой охлаждающей секции и расчёт на его основе оптимальных частот взаимосвязанного электропривода АВО газа*

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>. – *Соискателем проведены патентный анализ и разработка 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. – *Соискателем разработана математическая модель оценки износа изоляции и произведены расчёты 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>. – *Соискателем проведено компьютерное моделирование электропривода, исследование процесса пуска и анализ энергетических показателей.*

5. 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. – *Соискателем проведён анализ негативного влияния режима противовключения электродвигателя в режиме авторотации.*

6. 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>. – *Соискателем выполнен анализ тепловых характеристик АВО газа и определение суммарного теплового КПД охлаждающей секции.*

7. 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. – *Соискателем выполнены расчёты и исследование зависимости времени пуска электродвигателя от скорости обратного вращения.*

8. 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. – *Соискателем исследованы результаты моделирования динамических режимов электродвигателя АВО газа.*

9. 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. – *Выполнен структурно-параметрический синтез системы управления частотно-регулируемым электроприводом АВО газа.*

10. 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. – *Соискателем выведены математические зависимости тепловых КПД АВО газа от частот питания электродвигателей и рассчитаны параметры для способа оптимального управления электроприводом двухступенчатой секции охлаждения газа.*

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации; соискатель ссылается на авторов и источники заимствования.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы, в которых содержатся ряд замечаний:

– **ведущей организации ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина».** *Замечания:* **1.** В автореферате следовало подробнее отразить результаты исследований второй главы, основной и представляющий большой интерес в рамках специальности. **2.** В третьей главе следует доказать, что формула 3.1 выражает КПД, что можно было сделать через отношение мощностей. Более тщательное обоснование формулы 3.1 важно, поскольку она положена в основу целевой функции 3.28 и законов регулирования скорости привода АВО 3.29. **3.** Пусковые режимы двигателей АВО сравнительно редки и кратковременны, поэтому сокращение ресурса изоляции на 3 % по сравнению с прямым пуском (с. 127 диссертации), если его пересчитать на все время эксплуатации, составит незначительную величину. Обычно влияние температуры на ресурс обмоток учитывают для более длительных режимов двигателя. Надо было показать, что пусковые режимы двигателей АВО в условиях авторотации являются частыми. **4.** Тепловые процессы очень инерционны, их длительность как минимум на три порядка больше длительности электромеханических переходных процессов, поэтому следовало показать, что за время пуска в режиме авторотации обмотка может нагреться до критических температур, определяемых классом изоляции обмоток двигателя. **5.** Имеются замечания по оформлению диссертации: не везде выполнены

требования к оформлению формул, встречается написание латинских букв прямым шрифтом; рисунки с результатами моделирования в ПО Matlab недостаточно хорошо читаются, поскольку на них нет обозначений осей, мал размер шрифтов, шкалы осей затемнены. В Matlab есть средства устранить такие недостатки, надо было их использовать.

– **официального оппонента** доктора технических наук, профессора Корнилова Владимира Юрьевича, профессора кафедры «Приборостроение и мехатроника» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет». *Замечания:*

1. Чем объясняется использование данных 2006...2012 годов по энергопотреблению УАВО КЦ №1 ДКС ООО «Газпром добыча Ямбург.
2. Описание схем на рисунках 2.5, 2.6 весьма лаконично, в последующем тексте нет ссылок на данные рисунки.
3. На странице 56 желательно добавить ссылку на источники, где применяется терминология «комбинированный», «компаундный» Пуск двигателя.
4. Стр. 61 обратное вращение, и вращение в рабочем режиме определяется как вращении по часовой стрелке. Какое направление должно быть указано для соответствующего графика?
5. Требуется пояснения текста страницы 62 последний абзац. Почему при выбеге электродвигателя с данной измеренной частоты начинается разгон, а при авторотации с данной измеренной частоты, начинается частотный останов электродвигателя.
6. Пояснить назначение информационной управляющей связи между устройствами управления первым и вторым в структурной схеме взаимосвязанного привода. Рисунок 3.10, страница 118. Кроме того, в текстовой части говорится о реализации и способы управления, когда к одному преобразователю подключены два электродвигателя, а на рисунке 3.10 у каждого двигателя свой преобразователь.
7. В тексте заключение, пункт 6, страница 136; избыточное повторение, тавтология, в названии методики расчета повторяется слово «оптимальный».
8. В тексте диссертации встречаются опечатки, например, на с.8, 86, 99, 132.

– **официального оппонента** кандидата технических наук, Сухачева Ильи Сергеевича, заведующего базовой кафедры АО «СУЭНКО» ФГБОУ ВО «Тюменский

индустриальный университет». *Замечания:* **1.** С чем связаны пробелы в кривых УРЭ за 2011 и 2012 годы на рисунке 1.3? **2.** В п.1.3.2 возможно идёт речь не о критическом моменте электродвигателя, а о величине момента статического сопротивления, превышающего пусковой момент двигателя? Однако, при наличии ПЧ пусковой момент может быть значительно увеличен по сравнению с паспортным значением, сохраняется ли при этом проблема пуска? **3.** На стр. 29 требуется ссылка на соответствующие исследования, т.к. электродвигатели по умолчанию являются реверсивными. **4.** Какова причина применения формулы Клосса вместо уравнения механической характеристики АД, полученной и описанной ранее схемы замещения? К тому же далее расчеты приведены по схеме замещения. стр.43-44. **5.** На стр. 47 из описания неясно, какой способ пуска электродвигателя рассматривается – прямой, частотный и т.п. – что затрудняет проверить адекватность полученных результатов.

Получено 7 положительных отзывов на автореферат:

1. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», доцент отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики, канд. техн. наук, доцент **Кладиев Сергей Николаевич**. *Замечания:* **1.** На стр. 12 автореферата говорится о частотном пуске при большом диапазоне скоростей авторотации при минимуме потерь мощности и износе изоляции обмоток статора АД. В тексте не приводятся способы снижения реактивной составляющей тока статора в переходных процессах при формировании потокосцепления АД. **2.** В автореферате (стр. 18 пп.1 и б) подробно не указано, в чем суть минимизации активной мощности ЧРП и как полученная целевая функция влияет на снижение потерь активной мощности электропривода 7...10% и термического износа изоляции до 3,4% в условиях аэродинамического и гидравлического противодействия среды?

2. ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», профессор кафедры «Электропривод, мехатроника и электромеханика» д-р. техн. наук., доцент **Дудкин**

Максим Михайлович. *Замечания:* 1. Автором не произведена оценка экономической эффективности внедрения разработанного способа управления электроприводами АВО газа. 2. Из текста не понятно, как было получено значение уменьшения потерь мощности в электродвигателе в пусковом режиме до 7-10 %, которое приведено в заключении.

3. ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», заведующий кафедрой автоматизированного электропривода и мехатроники, канд. техн. наук, доцент **Николаев Александр Аркадьевич.**

Замечания: 1. В автореферате нет обоснования невозможности пуска электродвигателей АВО при скольжении больше 1,4 для способов пуска, отличных от частотного (стр. 11). 2. Отсутствует расшифровка аббревиатур названий блоков, приведённых на рисунках 1 и 2 автореферата, что затрудняет их понимание.

4. ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», профессор кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» д-р. техн. наук, доцент **Петроченков Антон Борисович.** *Замечания:* 1. При описании электромеханических процессов в электроприводе в динамических режимах в условиях воздействия рециркуляционных потоков воздуха не приводятся математические описания и аналитические зависимости. 2. В автореферате на стр. 16 указано, что использование разработанного способа оптимального управления электроприводами двухступенчатой секции АВО газа позволяет достичь экономии электроэнергии до 65%. Не понятно, такая экономия электроэнергии будет иметь место при конкретных условиях или для общего случая? Потребления электроэнергии АВО газа обусловлено множеством факторов, главными из которых являются массовый расход газа и температура охлаждающего воздуха

5. ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», заведующий кафедрой «Электроснабжение и автоматизация технологических процессов», канд. техн. наук, доцент **Ахметшин Артур Талгатович.** *Замечания:* 1. В диссертационной работе не рассматриваются проблемы электромагнитной совместимости при массовом оснащении электроприводов установки АВО газа

преобразователями частоты. 2. Из автореферата непонятно, как учитываются энергетические характеристики преобразователей частоты в разработанных схемах.

6. ООО «РН-БашНИПИнефть», главный специалист отдела новых технологий добычи нефти и газа, канд. техн. наук **Китабов Андрей Николаевич**.

Замечания: 1. В автореферате не представлены существующие способы снижения негативного влияния рециркуляционных потоков воздуха с авторотацией вентиляторов и сравнительные характеристики с предложенным способом пуска. 2. Рассматриваемый способ оптимального управления рассматривается только в рамках управления одной охлаждающей секции без комплексного рассмотрения управления всеми электроприводами установки воздушного охлаждения газа и достижения необходимой температуры газа на выходе всей установки.

7. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», заведующий кафедрой «Электроэнергетика и электромеханика» канд. техн. наук, доцент **Бабурин Сергей Васильевич**. *Замечания:* 1. Не приведён анализ структур частотно-регулируемых электроприводов с точки зрения вариантов количества электродвигателей АВО газа, подключенных к одному преобразователю частоты, а также анализ энергетических характеристик, преимуществ и недостатков различных вариантов. 2. Не произведен анализ допустимой глубины регулирования скорости вращения электродвигателей АВО газа с частотно-регулируемым приводом.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их достижениями в данной отрасли наук, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Ведущая организация и оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **разработаны:**

– способ частотного пуска электропривода вентилятора, основанный на функции подхвата преобразователем частоты, отличающийся тем, что определяются

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 износа изоляции (патент РФ на изобретение № 2656846);

– способ управления частотно-регулируемыми 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 коэффициента полезного действия (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);

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

– **установлено**, что работа двух вентиляторов одного АВО газа с одной скоростью вращения минимизирует аэродинамическое взаимовлияние и рециркуляцию воздушных потоков, тем самым повышает ресурс электродвигателей;

– **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;

– **показано**, что распределение тепловой нагрузки вдоль охлаждающей секции устраняет неблагоприятные зоны интенсивного отбора тепла и снижает риск льдогидратообразования в теплообменной части.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **изложены** результаты, дополняющие теорию частотно-регулируемого электропривода и позволяющие решать задачи управления электроприводами вентиляторных и насосных установок в условиях аэродинамического и гидравлического противодействия среды с авторотацией исполнительных механизмов;

– **применительно к проблематике диссертации** результативно **использованы** аналитические методы решения уравнений, а также методы математического и имитационного моделирования с использованием программного обеспечения Matlab и MathCad;

– **изложена** методика расчёта параметров оптимального управления частотно-регулируемого электропривода АВО газа для заданного технологического режима установки охлаждения газа по критерию минимума потребляемой мощности;

– **раскрыты** основные направления снижения потребления электроэнергии электроприводами в технологическом процессе охлаждения газа и регулировании температуры газа на выходе охлаждающей секции, а также уменьшения износа изоляции при пуске электродвигателей в электротехническом комплексе воздушного охлаждения газа;

– **изучены** электромеханические, аэродинамические и тепловые процессы в электроприводах вентиляторов АВО газа и взаимосвязь данных процессов в условиях групповой работы вентиляторов установки воздушного охлаждения газа.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– **разработаны, внедрены** в производственный процесс ООО «Газпром добыча Ямбург» и оформлены рационализаторские предложения устройств, позволяющих осуществить динамическое торможение при авторотации вентилятора в целях безопасного проведения ремонтных работ, а также комбинированного пуска «динамическое торможение – плавный пуск» для возможности плавного безударного пуска при относительно малых скоростях авторотации;

– **внедрены** в учебный процесс кафедры «Электротехника и электрооборудования предприятий» ФГБОУ ВО «Уфимского государственного технического университета»: результаты анализа электромеханических процессов в электродвигателях при аэродинамическом противодействии среды с авторотацией исполнительных механизмов вентиляторных установок для решения задач управления электроприводами; результаты моделирования динамических режимов и анализа энергетических характеристик различных способов пуска асинхронных электродвигателей вентиляторных установок; имитационные модели электроприводов установки охлаждения газа для оценки энергетической эффективности частотно-регулируемого электропривода.

Указанные результаты используются в научной и учебной деятельности при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ, подготовке аспирантов и магистров.

Степень внедрения подтверждается соответствующими актами о внедрении и использовании результатов диссертационного исследования.

– **определены** перспективы совершенствования частотно-регулируемых электроприводов АВО газа с точки зрения повышения энергетической эффективности электротехнического комплекса воздушного охлаждения газа, а также решения технологических проблем поддержания необходимой температуры газа;

– **созданы** оригинальные технические решения, реализуемые в частотном электроприводе, позволяющие произвести подхват колеса вентилятора в режиме авторотации и частотный пуск электродвигателя;

– **представлены** рекомендации для построения структуры и выбора оптимальных параметров для взаимосвязанных электроприводов установки воздушного охлаждения газа.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **практические результаты** исследованы и проанализированы сравнением расчётных величин для способа оптимального управления частотно-регулируемым

электроприводом с фактическими величинами при способе дискретных переключений на действующем производственном объекте дожимной компрессорной станции газового промысла в различных технологических и температурных режимах.

– **теория** построена на использовании положений и методов теории электрических машин, теории электропривода, математического анализа, математического и компьютерного моделирования электротехнических систем, теории аэродинамики вентиляции, теории оптимального управления, теории автоматического управления. При разработке математической модели и моделировании электропривода методами дифференциального и интегрального исчисления, аналитическими и численными методами, применялись программные пакеты Matlab, MathCad. Теория согласуется с результатами проведенного автором имитационного моделирования и существующим научным заделом в опубликованных трудах по теме исследования;

– **идея базируется** на анализе электромеханических процессов в электрических машинах в динамических режимах, в анализе зависимостей потребления электроэнергии от электрических и тепловых параметров и их применении в разработке способов управления электроприводами;

– **использовано** сравнение разработанных способов управления электроприводами АВО газа в стационарных режимах со способом дискретных переключений вентиляторов и способами, реализованными на основе автоматизированного регулирования температуры по отклонению; в динамических режимах с аналогичными устройствами, реализующими различные способы пуска электродвигателя;

– **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 путём применения частотного метода, а в результате расчётов **показано**, что при использовании

разработанного способа оптимального управления достигается экономия потребляемой мощности по отношению к способу дискретных переключений;

– **использовано** сравнение авторских данных и ранее опубликованных данных в научной литературе, а также сравнение результатов, полученных аналитически, с результатами компьютерного моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в:

– анализе решений в области повышения энергоэффективности электротехнического комплекса воздушного охлаждения газа;

– в участии в разработке и патентовании способа частотного пуска электропривода вентилятора, основанного на функции подхвата преобразователем частоты;

– разработке имитационных моделей и исследовании на их основе различных способов комбинированного пуска, включающих стадии торможения: противовключением, динамическое, плавное, частотное и последующего пуска: прямой, плавный, частотный;

– получении уравнения теплового КПД секции двухступенчатого охлаждения газа, вычисляемого по тепловым КПД каждого из АВО в отдельности по следующим параметрам: требуемой температуре газа на выходе секции, температуре наружного воздуха, фактической температуре газа на входе установки охлаждения газа и расходу газа по охлаждающей секции;

– в выполнении структурно-параметрического синтеза системы управления для способа оптимального управления взаимосвязанного частотно-регулируемого электропривода АВО газа с двухступенчатым охлаждением с улучшенными энергетическими показателями;

– в разработке оптимизационного алгоритма и методики расчёта параметров оптимального управления частотно-регулируемого электропривода АВО газа для заданных технологических параметров установки охлаждения газа по критерию минимума потребляемой мощности, в написании программы для ЭВМ, реализующей данный алгоритм, и её регистрации.

– публикации результатов исследований и разработок.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что в диссертации:

– соблюдены установленные Положением о присуждении ученых степеней критерии, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;

– отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации;

– соискатель ссылается на авторов и источники заимствования;

– оригинальность диссертационной работы составляет 94%.

Диссертация Папкина Василия Валериевича «Энергоресурсосберегающие режимы работы электротехнического комплекса воздушного охлаждения газа» соответствует п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции Постановления Правительства РФ от 25 января 2024 года № 62), предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Тема работы и содержание исследований соответствуют паспорту научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы по пунктам: 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».

Таким образом, диссертация Пашкина В.В. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся научно обоснованные технические решения и разработки частотно-регулируемого электропривода аппаратов воздушного охлаждения газа, имеющие существенное значение для повышения энергоэффективности и ресурсосбережения в технологическом процессе добычи газа.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. При расчёте потерь мощности в статоре в пусковых режимах учтены только омические потери в обмотке, при этом потери в стали не учтены.

2. В заключении указано о разработанном оптимизационном алгоритме управления, в докладе на слайде 22 некорректно упоминается «алгоритм управления электроприводами». Точнее назвать предложенный алгоритм – алгоритмом расчета оптимальных частот, а не алгоритмом управления электроприводом.

3. В работе не представлены данные экспериментальных исследований по апробации предлагаемого способа оптимального управления.

4. На слайде 6 есть упоминание об угле атаки лопастей вентиляторов, далее этот параметр не рассматривается.

Соискатель Пашкин В.В. согласился с высказанными замечаниями и уточнил следующее:

1. На приведённых графиках приведены только потери в обмотке статора.

2. В докладе и на слайдах имеется некорректное указание в названии алгоритма.

3. Экспериментальные данные представлены в качестве фактических наблюдаемых величин при способе управления дискретными переключениями на действующем производственном объекте дожимной компрессорной станции газового промысла и последующим сравнением с расчётными величинами для способа оптимального управления частотно-регулируемым электроприводом.

4. Угол атаки лопастей вентиляторов, это изменяемая величина, но ввиду того, что этот параметр является неоперативным, изменяющийся сезонно, в работе в качестве оперативного регулирования он не рассматривается.

На заседании 27.09.2024 г. диссертационный совет принял решение:

– по результатам изложенных новых научно обоснованных технических решений и разработок частотно-регулируемого электропривода аппаратов воздушного охлаждения газа, имеющих существенное значение для повышения энергоэффективности и ресурсосбережения в технологическом процессе добычи газа, присудить Пашкину Василию Валериевичу ученую степень кандидата технических наук по научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 11, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета
д-р техн. наук, профессор

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. техн. наук



Исмагилов Флюр Рашитович

Ямалов Ильнар Илдарович

27 сентября 2024 года