

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**на диссертационную работу Пашкина Василия Валериевича  
«Энергоресурсосберегающие режимы работы электротехнического  
комплекса воздушного охлаждения газа», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.4.2. Электротехнические комплексы и системы**

### **1. Актуальность работы**

Актуальность темы исследований связана с высоким потреблением электроэнергии на процесс компримирования и комплексной подготовки газа к транспорту на газовом промысле, достигающего до 70 % от совокупной потребляемой электроэнергии. Значительная часть работы посвящена острым вопросам борьбы с технологическими проблемами, связанными с льдогидратообразованием в теплообменниках в результате локального переохлаждения газа, аэродинамическим взаимодействием работающих вентиляторов и раскручиванием колёс резервных вентиляторов в обратном направлении. Это позволяет утверждать, что научная проблема, сформулированная в диссертации Пашкина В.В., является актуальной и имеет важное народно-хозяйственное значение.

### **2. Структура и содержание диссертационной работы**

Диссертация Пашкина Василия Валериевича «Энергоресурсосберегающие режимы работы электротехнического комплекса воздушного охлаждения газа», содержит введение, четыре главы основного текста на 127 страницах, заключение, список литературы из 121 наименований и 5 приложений. Общий объем диссертации 163 страницы, содержит 62 рисунка и 24 таблицы.

Во введении сформулированы цель и задачи исследования, изложены методы исследования, указаны положения, выносимые на защиту, отражена научная новизна, показана практическая значимость работы, приводится информация об апробации работы и публикациях, излагаются представления автора о степени изученности темы и малоисследованных аспектах.

В первой главе приведён анализ систем электроснабжения газовых помывочных установок, рассмотрены существующие способы воздушного охлаждения. Произведён ретроспективный анализ потребления электрической энергии установками охлаждения газа и выявлены основные факторы, влияющие на потребление электрической энергии. Приводятся особенности эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения (АВО) газа в условиях Крайнего Севера: льдогидратообразование с закупориванием теплообменных трубок охлаждающей секции и рециркуляция потоков воздуха через резервные вентиляторы. Обосновывается актуальность разработки нового способа оптимального управления взаимосвязанного электропривода установок АВО газа с двухступенчатым охлаждением.

Во второй главе рассмотрены электромеханические процессы в электроприводе в динамических режимах в условиях воздействия рециркуляционных потоков воздуха. В результате произведенных расчётов и моделирования установлено, что пуск вентилятора, рабочее колесо которого вращается в обратную сторону, значительно продолжительнее пуска из состояния покоя. Это приводит к повышенному нагреву обмотки статора электродвигателя. На основе анализа и моделирования комбинированных способов пуска электропривода вентилятора АВО газа в режиме авторотации предложен и запатентован способ подхвата преобразователя частоты для электропривода вентилятора в режиме авторотации.

В третьей главе исследованы способы энергоресурсосбережения электроприводов АВО газа в стационарных режимах, а именно способы оптимального управления частотно-регулируемыми электроприводами АВО

газа и произведен выбор оптимальных электрических параметров при заданных технологических условиях.

В результате анализа тепловых характеристик получено уравнение общего теплового КПД секции из двух АВО, вычисляемого по тепловым КПД каждого из АВО в отдельности. Тепловой КПД АВО газа определяются на основе тепловой характеристики АВО газа 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. На основе полученных выражений разработан способ оптимального управления взаимосвязанного электропривода секции АВО газа с двухступенчатым охлаждением, позволяющий снизить потребление электроэнергии электродвигателями охлаждающей секции. Выполнен структурно-параметрический синтез системы управления для способа оптимального управления взаимосвязанного частотно-регулируемого электропривода АВО газа с двухступенчатым охлаждением с улучшенными энергетическими показателями.

В четвертой главе рассчитаны и приведены показатели снижения потребления электроэнергии при использовании способа оптимального управления частотно-регулируемого электропривода и снижения теплового износа обмоток статора при использовании функции подхвата ЧРП при пуске в режиме авторотации.

В заключении приведены основные выводы и результаты диссертационного исследования.

В приложении содержатся листинги программ и материалы о внедрении результатов диссертационной работы.

### **3. Научные новизна темы диссертационного исследования**

Научная новизна работы заключается в следующем:

- разработан способ комбинированного частотного пуска

электропривода вентилятора в режиме авторотации, основанный на функции подхвата преобразователя частоты, позволяющий обеспечить пуск в широком диапазоне скоростей авторотации при минимуме потерь мощности и износе изоляции;

- 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, позволяющий снизить потребление электроэнергии электродвигателями охлаждающей секции;

- 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.

#### **4. Теоретическая и практическая значимость**

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. 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».

## **5. Степень обоснованности и достоверность положений, выводов и рекомендаций диссертации**

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

## **6. Апробация работы и публикации**

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

По теме диссертации опубликовано 34 печатные работы, в том числе 4 научные статьи в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, получен патент на изобретение и два свидетельства о государственной регистрации программ 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, 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».

## **8. Замечания и дискуссионные вопросы**

К диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания.

1. Чем объясняется использование данных 2006...2012 годов по электропотреблению УАВО КЦ №1 ДКС «Газпром добыча Ямбург» ?
2. Описание схем на рис. 2.5-2.6 весьма лаконично , в последующем тексте нет ссылок на данные рисунки.
3. Стр. 56 желательно добавить ссылку на источники, где применяется данная терминология «комбинированный», «компаундный» пуск .
4. Стр. 61: обратное вращение и вращение в рабочем режиме определяются как вращение по часовой стрелке. Какое направление должно быть указано для соответствующего графика?
5. Требуется пояснения текст на стр.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 УУ1 и УУ2 в структурной схеме взаимосвязанного электропривода АВО газа ( Рис. 3.10, стр.118). Кроме того , в текстовой части,

на стр.118 говорится о реализации способа управления , когда к одному преобразователю подключены два электродвигателя, а на рис.3.10 у каждого двигателя свой преобразователь.

7.В тексте Заключения п.6 , стр. 136 избыточное повторение ( тавтология) в названии методики расчета слова «оптимальный».

8. В тексте диссертации встречаются опечатки ,например, на с.8, 86, 99, 132.

### **Заключение**

В целом диссертация Папкина Василия Валериевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой соискателем разработаны технические решения, методы, алгоритмы и программы, имеющие важное научно-практическое значение. В ней изложены новые научно-обоснованные решения по снижению потребления электроэнергии на процесс охлаждения добываемого газа и сохранения ресурса электродвигателей 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 «Энергоресурсосберегающие режимы работы электротехнического комплекса воздушного охлаждения газа» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук согласно п.п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции Постановления правительства РФ от 25 января 2024 года № 62), а

ее автор, Пашкин Василий Валериевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

### Официальный оппонент

Д-р. техн. наук, профессор  
Профессор кафедры  
«Приборостроение и мехатроника»  
ФГБОУ ВО «Казанский  
государственный энергетический  
университет»



02.09.2024

Корнилов Владимир Юрьевич

тел.: +7 9172699199

e-mail: vkstbrus@gmail.ru

Адрес: 420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51

Докторская диссертация Корнилова В.Ю. защищена по специальности 20.02.14 – Вооружение и военная техника. Комплексы и системы военного назначения.

С обработкой персональных данных согласен.

Подпись Корнилова В.Ю. заверяю



Должность, ФИО заверяющего



М.П.



подпись, расшифровка