

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук Рогалева Андрея Николаевича
на диссертацию

Турецкова Алексея Васильевича

«Разработка и совершенствование современной системы парораспределения
теплофикационной турбины»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки

Актуальность работы определяется необходимостью повышения надежности, экономичности и качества работы теплофикационных паровых турбин, в том числе за счет совершенствования их систем парораспределения. В настоящее время отечественные турбины оснащаются современными системами автоматического регулирования на базе микропроцессорной техники и системами парораспределения с использованием индивидуальных приводов. Такие системы предоставляют новые возможности для повышения эффективности работы паровых турбин для чего требуется проведение исследования их работы в различных эксплуатационных режимах. Микропроцессорная система регулирования в сочетании с индивидуальными приводами позволяет реализовать новые алгоритмы управления турбиной. Это является важным, так как позволяет увеличить КПД регулирующей ступени и, в конечном итоге, паровой турбины. Поэтому тематика и результаты диссертационной работы являются, безусловно, актуальными.

Цель и сильные стороны работы

Основной целью диссертационной работы является разработка и исследование функционирования теплофикационных паровых турбин методами математического моделирования с целью совершенствования системы парораспределения.

Сильной стороной диссертационной работы является глубокие исследования переходных процессов систем парораспределения в различных режимах в сочетании их применения к вопросам повышения надежности, экономичности и качества работы теплофикационных паровых турбин. Разработаны математические модели паровых турбин, которые позволяют исследовать работу систем парораспределения с учетом расходных характеристик регулирующих клапанов и регулирующей ступени. С использованием математических моделей паровых турбин получены новые данные по работе систем парораспределения в штатных и предаварийных режимах. Предложенные соискателем технические решения (новый способ управления турбиной и систему регулирования, кинематическую схему электромеханического привода поворотных диафрагм) защищены патентами на изобретения и на полезную модель.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1) Разработаны математические модели паровых турбин и их систем парораспределения, учитывающие силовые и расходные характеристики регулирующих клапанов и расходные характеристики регулирующей ступени.

2) На математических моделях проведены исследования различных технических решений по современным системам парораспределения: индивидуальных приводов при сбросе нагрузки, алгоритма оптимизации работы регулирующей ступени. Получены качественные и количественные результаты исследований.

3) Исследованы параметры электромеханического привода поворотных регулирующих диафрагм отопительного отбора, который имеет функцию их аварийного закрытия от встроенных пружин.

Степень обоснованности научных положений. Научные положения, выносимые на защиту, в полной мере раскрыты в диссертации, автореферате и опубликованных работах.

Достоверность основных положений и выводов, полученных в диссертации, подтверждается корректной постановкой задач, использованием апробированных методик расчетов, а также сравнением результатов численного анализа с экспериментальными и расчетными данными, в том числе представленными в литературных источниках.

Практическое значение диссертационной работы заключается в следующем:

- 1) Предложенные способ управления турбиной и система регулирования позволяют реализовать парораспределение с минимальным дросселированием безударным способом;
- 2) Показано снижение заброса частоты вращения при сбросе нагрузки при парораспределении с индивидуальными приводами;
- 3) Показана возможность реализации электромеханического привода поворотных регулирующих диафрагм со встроенной энергонезависимой функцией их аварийного закрытия.

Апробация работы

Материалы, отражающие содержание диссертационной работы, представлены в 7 печатных работах, в том числе 2 статьях в журналах из перечня ВАК РФ и входящих в реферативную базу данных Scopus. Соискателем получены 2 патента на изобретения и 1 патент на полезную модель. Апробация материалов осуществлялась достаточно широко на семинарах, форумах, университетских и всероссийских конференциях. Публикации в должной мере отражают содержание работы.

Структура, объем и основное содержание работы

Диссертация Турецкова Алексея Васильевича состоит из введения, четырех глав, заключения, перечня сокращений и условных обозначений, списка литературы и одного приложения. Весь материал изложен на 140 страницах, включая 35 рисунков и 4 таблицы. Список литературы содержит 125 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, разработанность в России и мире, сформулированы цель исследования, обоснована научная новизна и практическая ценность работы.

Первая глава посвящена аналитическому обзору существующих проблем по расчетам и техническим решениям систем парораспределения теплофикационных паровых турбин. Рассмотрены методы учета пролетного пара при сбросах нагрузки с индивидуальной схемой управления регулирующими клапанами, проблемы реализации парораспределения с дополнительными бездрессельными режимами и проблемы применения электромеханических приводов в системах регулирования и парораспределения турбин. На основе обзора определены направления исследований.

Во **второй главе** определено влияние индивидуальной схемы управления регулирующими клапанами на заброс частоты вращения при сбросах нагрузки. Для проведения исследования была создана математическая модель паровой турбины с системой парораспределения. На модели получены величины массы пролетного пара регулирующими клапанами высокого давления при схеме управления с кулачково-распределительным устройством и с индивидуальными приводами. Также на модели определены величины забросов частоты вращения при разных схемах управления клапанами. Результаты научных и практических исследований, положения и выводы по данной главе отражены в 1 статье рецензируемого издания из перечня ВАК Минобрнауки России.

В **третьей главе** предложен новый способ управления турбиной и система регулирования для реализации парораспределения с минимальным дросселированием безударным способом. Предложенные решения исследованы на математической модели паровой турбины Т-295/335-23,5. В главе подробно описана как сама модель, так и ход проведения исследования. Результаты исследований на модели приведены в виде графиков переходных процессов. Также на модели определен экономический эффект оптимизированного парораспределения с учетом реального графика нагрузки турбины. Основные результаты научных исследований, положения, выводы по данной главе

отражены в 3 печатных работах: в 1 рецензируемом издании из перечня ВАК Минобрнауки России и 2 патентах на изобретение.

В **четвертой** главе приведено исследование параметров электромеханического привода поворотных регулирующих диафрагм отопительного отбора теплофикационной турбины. Данный привод имеет энергонезависимую функцию аварийного закрытия диафрагм от встроенной пружины. На данное техническое решение соискателем получен патент на полезную модель, в котором отражены основные результаты исследования по четвертой главе. В этой же главе определены основные параметры привода: габариты пружины, тип и параметры винтовой передачи, параметры электродвигателя. Выполнено исследование работы привода в аварийном режиме с использованием математической модели. Показано, что в конструкции привода необходимо использовать противоударный амортизатор.

В **выводах** сформулированы основные результаты работы.

Содержание автореферата отражает основное содержание диссертации.

Соответствие тематики и содержания работы выбранной специальности

Тема диссертации и результаты исследований соответствуют паспорту научной специальности 05.04.12 – Турбомашин и комбинированные турбоустановки:

п.1. Разработка научных основ изучения физико-химических, гидрогазодинамических, тепло- и массообменных процессов, общих свойств и принципов функционирования отдельных узлов и механизмов, а также основного и вспомогательного оборудования турбомашин и комбинированных турбоустановок;

п.5. Разработка систем автоматического регулирования, управления, защиты турбомашин и комбинированных турбоустановок.

Личный вклад автора

Личный вклад автора заключается в проведении критического обзора литературных источников, постановке целей и задач исследований, анализе и выборе методов динамического моделирования паровых турбин, проведении исследований, выполнении всех необходимых расчетов, разработке математических моделей, обобщении результатов исследований, разработке рекомендаций по использованию результатов.

Замечания и вопросы по диссертации

1. С точки зрения внедрения оптимизированного парораспределения – следует провести дополнительные исследования предложенного алгоритма в его взаимосвязи с другими алгоритмами турбины на различных режимах работы: разворот, холостой ход, синхронизация, работа по электрическому и тепловому графику.

2. В работе указано, что алгоритм оптимизации режима работы регулирующей ступени может быть реализован как в составе основного контроллера системы регулирования турбины, так и в виде отдельного аппаратного модуля, который сопрягается с контроллером системы регулирования. В каких случаях требуется реализация алгоритмов в составе основного контроллера, а в каких в виде отдельного аппаратного модуля?

3. Требуется ли более высокое быстродействие контроллерного оборудования системы регулирования для реализации оптимизированного (комбинаторного) парораспределения по сравнению с существующими системами ЭЧСРиЗ турбин?

Отмеченные замечания не снижают значимости полученных автором результатов.

Заключение

Диссертация Турецкова А.В. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой предложены и исследованы на математических моделях технические решения для системы парораспределения теплофикационной турбины, повышающие качество, экономичность и надежность ее работы. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Основные идеи работы в полной мере отражены в автореферате и публикациях автора. Работа полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Турецков Алексей Васильевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Официальный оппонент
заведующий кафедрой
«Инновационные технологии
наукоемких отраслей»
ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский университет «МЭИ»
д.т.н., доцент



Рогалев Андрей Николаевич
29 октября 2021 г.



Почтовый адрес:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»),
111250, г. Москва, вн.тер.г. муниципальный округ Лефортово, ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1.
Тел.: 8 (495) 362-79-84,
E-mail: rogalovan@mpei.ru