

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, заведующей отделением автоматизации ОАО «ВТИ» Зорченко Натальи Викторовны

**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 – Турбомашин и комбинированные турбоустановки

Актуальность диссертационной работы. Система регулирования паровой турбины – один из основных элементов, обеспечивающих надежную работу не только собственно паровой турбины, но определяющих устойчивую и эффективную работу энергоблока или даже электростанции. Обеспечение современных требований первичного регулирования (Требования к участию генерирующего оборудования в общем первичном регулировании частоты, утв. Приказом № 2 от 09.01.2019г Министерства энергетики Российской Федерации) и надежная работа противоаварийной автоматики, например, схем частотно-делительной автоматики (Правила технологического функционирования электроэнергетических систем, утв. Постановлением Правительства РФ № 937 от 13.08.2018г) невозможно без качественной работы системы регулирования турбины. При этом выполнение ряда современных требований, например, в части точности и нечувствительности первичного регулирования возможно только в случае использования в системах регулирования турбин микропроцессорных контроллеров и электроприводов.

В то же время, вопросы построения и оптимизации эксплуатации систем регулирования турбин с электроприводами, их математического описания для использования при моделировании работы генерирующего оборудования и энергосистем во многом остаются неизученными. В связи с этим, представленная диссертационная работа Турецкова Алексея Васильевича, посвященная вопросам разработки и совершенствования системы парораспределения теплофикационной турбины, является очень актуальной и востребованной.

Структура и содержание работы

Диссертация Турецкова А.В. «Разработка и совершенствование современной системы парораспределения теплофикационной турбины» состоит из вве-

дения, 4 глав, заключения. Объём работы – 140 страниц текста, 35 рисунков, 4 таблицы. Список литературы включает в себя 125 наименований.

Во введении автор раскрывает актуальность и необходимость исследования, которому посвящена диссертация, формулирует цель и задачи работы.

В первой главе выполнен анализ существующих подходов к построению систем регулирования паровых турбин и оптимизации режимов их эксплуатации в части регулирующей ступени, рассмотрены существующие методы учёта пролётного пара при расчёте на сброс нагрузки, представлен обзор применения электромеханических приводов в системах регулирования паровых турбин. В результате была сформулирована цель и поставлены задачи, которые в дальнейшем были решены в диссертации.

Вторая глава посвящена разработке динамической математической модели паровой теплофикационной турбины Т-120/130-130-8МО и модельным исследованиям эффективности двух различных схем управления регулирующими клапанами при сбросах нагрузки. При этом диссертантом не просто разработана математическая модель турбины, а приведена, по сути, методика построения модели: предложены структура построения модели с учетом физических и технологических особенностей, входящих в неё элементов, методы расчета этих элементов и допущения.

Модельные исследования паровой турбины Т-120/130-130-8МО при сбросах нагрузки выполнены для двух типов электрических генераторов ТВФ-125-2УЗ и ТФ-125-2УЗ для случая с кулачково-распределительным устройством в системе регулирования турбины и в случае использования индивидуальных приводов для регулирующих клапанов. Проведено сравнение рассмотренных способов регулирования.

В третьей главе отражены результаты разработанного диссертантом способа управления сопловыми сегментами регулирующей ступени паровой турбины. Особенности предложенного способа – одновременное изменение расхода пара через сопловые сегменты подобно дроссельному распределению, а также разные схемы работы сегментов турбины в переходных и установившихся режимах.

В работе предложен алгоритм, который может быть реализован в виде программного модуля, позволяющий оптимизировать работу регулирующей ступени, приведена структурная схема использования данного алгоритма в си-

стеме регулирования турбины. Проведены модельные исследования предложенного алгоритма с использованием разработанной автором математической модели теплофикационной паровой турбины Т-295/335-23,5.

Кроме того, в данной главе приведены результаты технико-экономического расчета эффективности предложенных решений.

В четвертой главе приведены результаты разработки кинематической схемы электромеханического привода поворотной регулирующей диафрагмы, включая расчет параметров пружины устройства возврата привода, винтовой передачи и электродвигателя для привода.

В четвертой главе также представлены результаты модельных исследований аварийного режима работы электромеханического привода регулирующих диафрагм в случаях аварийного закрытия при полной нагрузке и при отсутствии парового усилия (вхолостую), рассмотрено использование демпфера для исключения удара подвижных частей привода об упор.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы исследования.

Необходимо отметить высокое качество изложения материала и оформления диссертационной работы.

Тема диссертации Турецкова А.В. «Разработка и совершенствование современной системы парораспределения теплофикационной турбины» и полученные результаты полностью соответствуют паспорту специальности 05.04.12 – Турбомашин и комбинированные турбоустановки.

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается использованием апробированных методов математического моделирования и расчетных методов. Для анализа полученных результатов в работе использовались нормативные и заводские характеристики оборудования, неоднократно подтвержденные при эксплуатации оборудования. Кроме того, для верификации результатов моделирования диссертантом использовалось их сравнение с данными испытательного стенда. Всё это подтверждает адекватность и достоверность полученных в работе результатов.

Апробация работы. Основные этапы диссертации, выводы и результаты приведены в семи публикациях, две из которых – в научно-технических журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России, докладывались на науч-

но-технических конференциях и семинарах по теме диссертации. Имеются два патента РФ на изобретение, один патент РФ на полезную модель.

Личный вклад автора заключается в постановке целей и задач исследования, проведении необходимых расчетов и модельных исследований, включая разработку математических моделей, анализе и обобщении полученных результатов.

К научной новизне диссертации следует отнести:

- предложенную автором методику построения математической динамической модели паровой турбины, методы расчета составляющих её элементов;
- разработанные и верифицированные математические динамические модели паровых теплофикационных турбин Т-120/130-130-8МО и Т-295/335-23,5;
- результаты модельных исследований эффективности двух различных схем управления регулирующими клапанами (с кулачково-распределительным устройством и с индивидуальными приводами для регулирующих клапанов) при сбросах нагрузки;
- новый способ управления регулирующими клапанами паровой турбины с использованием сопловых сегментов и алгоритм, позволяющий оптимизировать работу регулирующей ступени;
- результаты модельных исследований аварийного режима работы электромеханического привода в случаях аварийного закрытия.

Практическая значимость диссертации заключается в следующем:

- показаны преимущества индивидуальной схемы управления регулирующими клапанами паровой турбины;
- показана и обоснована возможность замены гидравлического привода для регулирующих диафрагм на электромеханический;
- предложена кинематическая схема электромеханического привода поворотной регулирующей диафрагмы, включая устройство возврата привода.

К диссертационной работе **имеются следующие вопросы - замечания**:

- 1.) Предложенная структурная схема адаптивной цифровой системы регулирования турбины в разд.3.2 диссертации (рис.3.6, стр.67) включает в себя датчики давления, температуры, расхода, электрической мощно-

сти. Сигнал указателя положения отсутствует (не представлен на схеме), хотя является важной характеристикой работы системы регулирования турбины и необходим для надежной работы предложенной системы. Требуется пояснить: каким образом в данном случае определяется положение регулирующего клапана или сервомотора.

- 2.) Основные результаты математических исследований, выполненных автором, приведены для конденсационного режима работы турбин, например, в разд.3.4 диссертации. Учитывая, что диссертационная посвящена теплофикационным турбинам, необходимо пояснить, как данные результаты могут быть применимы для теплофикационных режимов.
- 3.) Необходимо пояснить графики на рис.3.9, 3.10 (стр.86-87) при увеличении мощности (время – 10 с): каким образом происходит открытие регулирующих клапанов, приводящее к увеличению расхода пара в турбину и, соответственно, активной мощности, если ранее было указано, что в исходном режиме они полностью открыты (стр.84).

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки и значимости выполненной автором работы и могут быть учтены в дальнейших исследованиях и работах диссертанта.

Заключение

1. Представленная диссертация «Разработка и совершенствование современной системы парораспределения теплофикационной турбины» Турецкова Алексея Васильевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на достаточно высоком уровне. Полученные автором результаты работы достоверны и обоснованы, обладают научной новизной и практической значимостью. Основные идеи и положения диссертации отражены в автореферате и публикациях автора, докладывались на научно-технических конференциях и семинарах по теме диссертации, оформлены как патенты.
2. Содержание и оформление диссертационной работы «Разработка и совершенствование современной системы парораспределения теплофикационной турбины» Турецкова А.В. полностью соответствуют требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а её ав-

тор Турецков Алексей Васильевич заслуживает присуждения научной степени кандидата технических наук по специальности 05.04.12 – Турбомашины и комбинированные турбоустановки.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
заведующая отделением
автоматизации ОАО «ВТИ»



Зорченко Наталья Викторовна

«28» октября 2021г

Подпись Н.В. Зорченко удостоверяю:

Руководитель отдела
по управлению персоналом ОАО «ВТИ»



И.А. Картошкина



**ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени
Теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»)**
РФ, 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д.14
эл. почта: ods@vti.ru, тел.: (495) 137-77-70, доб.20-16; сайт: <http://www.vti.ru>