

Отзыв на автореферат диссертации

Гришина Николая Васильевича

«Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Диссертационная работа Гришина Николая Васильевича «Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов» посвящена разработке способов расчетного и экспериментального определения индуктивных параметров, свойственных шестифазным турбогенераторам и позволяющих с помощью соответствующей математической модели выполнять анализ широкого спектра переходных процессов и установившихся режимов для обеспечения и повышения работоспособности и надежности данного класса электрических машин.

Актуальность работы определяется вопросами выполнения точной количественной оценки изменений значений токов, напряжений, моментов и прогнозирования поведения машины при переходных процессах. За последние несколько лет шестифазные быстроходные турбогенераторы были смонтированы на трех АЭС в РФ и Республике Беларусь, поэтому вопросы прогнозирования их работы в переходных режимах представляют значительный практический интерес, позволяют проверить конструкцию турбогенераторов до ввода их в промышленную эксплуатацию и служат залогом их надежной работы.

В ходе выполнения диссертации было разработано математическое описание шестифазного генератора, сформированы схемы замещения и соответствующая математическая модель в Simulink Matlab, предложены экспериментальные способы определения составляющих индуктивного сопротивления шестифазных турбогенераторов, которые подтвердили достоверность выполненных расчетов. Представлены результаты расчетных и экспериментальных исследований, доказана их сходимость с допустимой для инженерных расчетов погрешностью.

Результаты работы нашли практическое применение при проектировании и испытаниях турбогенераторов типа ТЗВ-1200-2АУЗ производства ПАО «Силовые машины».

Работа выстроена на значительном количестве примеров, выполнена на высоком научном уровне и в полном объеме отвечает критериям пп. 9-14 "Положения о присуждении ученых степеней" (утверждено Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 01.10.2018) "О порядке присуждения ученых степеней").

Замечания и предложения:

1. В ноябре 2016 года на Нововоронежской АЭС-2 в рамках опытно-промышленной эксплуатации был аварийно отключен ТГ 1200 МВт из-за короткого межфазного замыкания в обмотке статора (данные из открытых источников). Учитывая направленность работы, целесообразно дать краткий анализ данного события, смоделировать его развитие с использованием разработанного математического описания и сопоставить данные.

2. Целесообразно опубликовать результаты работы в рамках одного из федеральных журналов, например, «Электрические станции» или «Энергетик»,

ввиду явной актуальности рассматриваемой тематики и необходимости доведения ее результатов до широкого круга специалистов.

Заключение

Основываясь на материалах автореферата, диссертация Гришина Н.В. представляет собой законченную работу, выполненную на высоком уровне, отвечающую требованиям ВАК, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Заместитель Председателя Правления -
главный инженер

ПАО «ФСК ЕЭС»

/Дмитрий Александрович Воденников/

20.02.2020

Публичное акционерное общество «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ПАО «ФСК ЕЭС»)

117630, г. Москва, ул. Академика Челомея, 5А

Телефоны:

Единый информационный центр: 8 800 200-18-81

Горячая линия для акционеров: 8 800 500-05-52

Для звонков из стран ближнего и дальнего зарубежья: +7 (495) 710-93-33

Факс: +7 (495) 710-96-55

E-mail: info@fsk-ees.ru

Подпись Воденникова Д.А. удостоверяю

Воденников Д.А. в настоящее время работает в ПАО «ФСК ЕЭС» в должности заместителя Председателя Правления - главного инженера.

Начальник отдела по
работе с руководителями

Воденников Д.А.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гришина Н. В. «Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты

Диссертация Гришина Н.В. посвящена актуальной проблеме исследования мощных шестифазных турбогенераторов. Вопросы определения индуктивных параметров турбогенераторов, влияющих на прохождение переходных процессов, правильной оценки значений токов коротких замыканий помимо конструкции непосредственно турбогенератора влияют так же на выбор основного электротехнического оборудования и проект релейной защиты энергоблока электростанции, обеспечивая надежную эксплуатацию и успешное прохождение аварийных ситуаций. Применение шестифазной обмотки статора турбогенератора позволяет создавать энергоблоки мощностью 1200 МВт с быстроходными турбоустановками, но вместе с тем и усложняет рассмотрение отмеченных вопросов, что определяет актуальность работы.

Научная новизна работы Гришина Н.В. заключается в разработке математической модели, позволяющей с необходимой степенью физической адекватности проводить рассмотрение простых и комбинированных переходных процессов шестифазного турбогенератора; способах расчетного и экспериментального определения используемых индуктивных сопротивлений. В работе представлен обширный экспериментальный материал, подтверждающий теоретические представления и достоверность предложенных расчетных способов определения параметров.

Представленная работа имеет практическую ценность для проектирования и экспериментального исследования шестифазных турбогенераторов, анализа их режимов работы, а также для учета при принятии проектных решений по энергоблоку и их совершенствовании, исходя из опыта эксплуатации.

По автореферату диссертации имеются вопросы и замечания, не снижающие общую положительную оценку работы:

1. Не произведено сравнение результатов расчёта токов короткого замыкания, выполненных по предлагаемой в диссертационной работе модели, для генераторов ТЗВ-1200-2АУЗ, установленных на НВО АЭС-2 и ЛАЭС-2, с реальными значениями токов короткого замыкания имевшие место быть при вводе этих блоков в эксплуатацию.

2. Не отмечено, существуют ли особенности, определяемые индуктивными сопротивлениями шестифазного турбогенератора, при прохождении переходных процессов в энергосистеме.

Диссертация Гришина Н.В. является законченной научно-квалификационной работой, в которой на высоком научном уровне решена научно-техническая задача расчетного и экспериментального определения индуктивных параметров шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов. Диссертация соответствует научной специальности 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты» и отрасли наук, по которой она представлена к защите, а также соответствует требованиям и критериям пп.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор Гришин Н.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01.

Главный инженер по электротехнике
БКП-3 АО «Атомэнергопроект»



А.В. Беспалов

Сведения о лице, составившем отзыв	
Фамилия, Имя, Отчество	Беспалов Андрей Вячеславович
Ученая степень	-
Ученое звание	-
Должность	Главный инженер по Электротехнике
Структурное подразделение	БКП-3
Место работы (почтовый адрес организации)	АО «Атомэнергопроект», 107996, Россия, г. Москва, ул. Бакунинская, д. 7 стр. 1
Телефон	+7 499 962 8189 (65471)
E-mail	bespalov@aep.ru
Дата написания отзыва	05.02.2020

Подпись А.В. Беспалова заверяю:



Генеральный директор ОПС БКП-3
(Роловарчук А.С.)

Отзыв

на автореферат диссертационной работы

Гришина Николая Васильевича

«РАСЧЕТНОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКТИВНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ШЕСТИФАЗНЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»

Диссертационная работа Гришина Н. В. посвящена вопросам исследования шестифазных турбогенераторов мощностью свыше 1000 МВт. Актуальность темы обусловлена с одной стороны высокой удельной мощностью, обеспечиваемой конструктивными особенностями таких генераторов, а с другой стороны отсутствием в научной и технической литературе описания математических моделей, позволяющих достаточно адекватно исследовать различные режимы работы шестифазных турбогенераторов, в том числе симметричные и несимметричные переходные процессы.

Научная новизна работы заключается в разработке математической модели шестифазного турбогенератора, которая учитывает взаимное влияние трехфазных систем обмотки статора друг на друга. Также автор предлагает методы расчетного и опытного определения индуктивных параметров генератора, соответствующих представленной модели.

Особого внимания заслуживают результаты натурных экспериментов и их сравнение с результатами расчетов, которое подтверждает достоверность и адекватность предложенных расчетных методов.

Представленная работа имеет большую практическую ценность при проектировании мощных шестифазных турбогенераторов и исследовании их режимов работы.

Отмечая высокий уровень выполненной диссертационной работы, по автореферату имеются следующие вопросы и замечания:

1. При выборе относительных единиц исследуемый шестифазный турбогенератор «рассматривается в качестве эквивалентного трёхфазного». При этом автор не даёт пояснений, что понимается под эквивалентным трёхфазным генератором.
2. Не представлены допущения, принятые при разработке предложенной математической модели.
3. В пояснениях к третьей главе диссертации не представлены полученные выражения для расчета индуктивных сопротивлений.
4. На странице 11 автореферата говорится, что «остальные используемые в математической модели параметры не отличаются от традиционных для трехфазных машин». На основании чего сделан такой вывод?

5. В пояснениях к седьмой главе диссертации не представлена структурная схема, реализованная в приложении Simulink программного комплекса Matlab.

Указанные замечания не снижают ценности, достоверности и практической значимости проведенных диссертантом исследований. Представленная работа в целом удовлетворяет требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации 24.09.2013 № 842.

Диссертация «Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов» представляет собой цельный и законченный труд, а её автор Гришин Николай Васильевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Профессор, зав. кафедрой
«Электромеханика»
ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный технический
университет», д.т.н.

Александр Федорович Шевченко

Доцент каф.
«Электромеханика»
ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный технический
университет», к.т.н.

Дмитрий Михайлович Топорков

03.02.2020

Подписи А.Ф. Шевченко и
Д.М. Топоркова заверяю:
учёный секретарь
ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный технический
университет»



Николай Михайлович Шумский

Почтовый адрес: Россия, 630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, д. 20;
Шевченко Александр Федорович: +7-913-908-44-81, elmotron@sibmail.ru
Топорков Дмитрий Михайлович: +7-913-752-41-69, toporkov@corp.nstu.ru

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Гришина Николая Васильевича «Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных генераторов для анализа переходных процессов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»

Актуальность темы. Стремление к увеличению единичной мощности синхронных турбогенераторов при сохранении частоты вращения 3000 оборотов в минуту привело к созданию филиалом «Электросила» ПАО «Силовые машины» линейки турбогенераторов серии ТЗВ с полной водяной системой охлаждения. Дистиллированной водой охлаждаются обмотка статора, сердечник статора и обмотка возбуждения. Это решение позволило создать компактную электрическую машину с удельным расходом материалов, сниженным до показателя 0,517 кг/кВт. Генераторы этой конструкции установлены и предполагаются к установке на Нововоронежской АЭС-2, Ленинградской АЭС-2 и Белорусской АЭС. Для снижения величин рабочих и, особенно, аварийных токов статора обмотка статора выполнена расщепленной со сдвигом напряжений по фазе на 30° . Конструктивно обмотки статора выполнены таким образом, что образуют в воздушном зазоре машины совпадающие по фазе первые гармоники индукции магнитного поля. Ротор генератора с расщепленной обмоткой статора подобен ротору обычной трехфазной машины, и электромагнитные процессы роторных контуров описываются обычным набором параметров. Наиболее существенным отличием является наличие взаимной индуктивности по магнитным потокам рассеяния статора и основному магнитному потоку. Разработка математической модели такого генератора и определение электромагнитных параметров является весьма важным для правильного расчета основных переходных процессов, что определяет актуальность рассмотренных в диссертации вопросов.

Среди разработок диссертанта особо следует отметить создание математической модели шестифазного генератора с учетом взаимоиндукции на путях потоков рассеяния и взаимного магнитного потока, а также разработку методики экспериментального определения индуктивных сопротивлений.

При ознакомлении с авторефератом возникли следующие вопросы и замечания.

1. Выполнялись ли сопоставительные расчеты с распространенной моделью генератора с расщепленной обмоткой статора в виде двух независимых генераторов?

2. Как выполнялось экспериментальное определение приведенной в таблице 1 величины сверхпереходного сопротивления по продольной оси x''_d – при номинальном или пониженном напряжении статора?

Заключение.

Сделанные замечания не снижают высокой оценки диссертационной работы Н.В. Гришина, которая является завершённой научно-квалификационной работой, посвящённой решению актуальной научно-технической задачи развития теории переходных процессов и определения параметров электрических машин сложной конструкции, имеющей существенное значение для их проектирования и эксплуатации. Диссертационная работа соответствует научной специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты» и удовлетворяет требованиям п.п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции от 01.10.2018 г.)), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор Гришин Николай Васильевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Заместитель заведующего отделом
проектирования и развития энергосистем
АО «НТЦ ЕЭС»,
доктор технических наук, профессор

Смоловик Сергей Владимирович
«11» 02 2020 г.

E-mail: smolovik@ntcees.ru
Тел. (моб.): +7 (921) 941-65-55

Старший инженер отдела
проектирования и развития энергосистем
АО «НТЦ ЕЭС»,

Лямов Александр Сергеевич
«11» 02 2020 г.

E-mail: lyamov_a@ntcees.ru
Тел. (моб.): +7 (931) 289-98-63

Акционерное общество «Научно-технический центр Единой энергосистемы» (АО «НТЦ ЕЭС»).

Почтовый адрес: 194223, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Курчатова, д. 1, лит. А.

Тел.: +7 (812) 297-54-10.

E-mail: ntc@ntcees.ru.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Гришина Николая Васильевича**

«Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты

Шестифазные турбогенераторы (ТГ) большой мощности используются в энергоблоках новых атомных электростанций, вырабатывающих существенную долю электроэнергии в общей системе генерации. Нет необходимости говорить о высокой надежности работы всех элементов таких электростанций. Поэтому исследования направленные на повышение надежности и работоспособности указанных турбогенераторов являются актуальными. К таким исследованиям относится и представленная в автореферате научная работа.

Научная новизна работы заключается в получении новых теоретических выражений по оценке индуктивных сопротивлений рассеяния шестифазной обмотки статора, отражающих взаимное влияние трехфазных систем, предложены способы экспериментального определения индуктивных сопротивлений обмоток шестифазного ТГ, проведена экспериментальная проверка предложенных выражений для оценки индуктивных сопротивлений на нескольких серийных образцах ТГ, сформированы схемы замещения шестифазных ТГ, разработана математическая модель для симметричных и несимметричных переходных процессов в шестифазных ТГ, приведены результаты численного моделирования указанных процессов.

Практическая ценность работы заключается в использовании полученных результатов исследований в проектировании и испытаниях шести ТГ типа ТЗВ-1200-2АУЗ, вводимых в эксплуатацию заводом «Электросила» ПАО «Силовые машины» на атомных электростанциях.

Результаты работы базируются на большом объеме экспериментальных данных, полученных на четырех промышленных образцах шестифазных ТГ типов ТЗВ-1200-2АУЗ и ТВВ-1200-2АУЗ. По тематике исследований было опубликовано 5 печатных работ, в том числе: 3 – в центральных научных изданиях из Перечня ВАК РФ.

Отмечая высокий уровень выполненной диссертационной работы, по автореферату можно сделать следующие замечания: 1. В 3-й главе представлены зависимости $X\sigma$ от сокращения шага обмотки. Известно, что сокращение шага обмотки влияет на состав высших гармоник в зазоре. Не ясно, чем обоснован выбор диапазона коэффициента шага от 0.8 до 1.0. 2. В 7 главе приводятся графики токов К.З. на основе полученных ранее операторных уравнениях. Однако сами уравнения в автореферате не представлены. 3. В работе не представлены документы внедрения результатов исследований, например, в ПАО «Силовые машины».

В целом, диссертационная работа «Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов» соответствует научной специальности 05.09.01 - «Электромеханика и электрические аппараты» и критериям пп. 9-14 «Положение о присуждении ученых степеней», а ее автор, **Гришин Николай Васильевич**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01- «Электромеханика и электрические аппараты».

Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Электромеханика»
ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»,
почтовый адрес: 681013 Хабаровский край,
г.Комсомольск-на-Амуре, пр.Ленина, 27



Янченко
Андрей Вячеславович
/e-mail: em@knastu.ru

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Гришина Николая Васильевича
«РАСЧЕТНОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКТИВНЫХ
СОПРОТИВЛЕНИЙ ШЕСТИФАЗНЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ
ДЛЯ АНАЛИЗА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»

В мощных турбогенераторах атомных электростанций с быстроходными турбоустановками применяют шестифазные статорные обмотки со смещенными на 30 электрических градусов магнитными осями двух трехфазных обмоток. Такие обмотки имеют увеличенное количество электромагнитных параметров и в условиях взаимного влияния обмоток усложняется математическое описание работы шестифазных генераторов в установившихся и переходных режимах. Вопросы расчетной оценки и экспериментального исследования электромагнитных параметров, научная проработка анализа переходных процессов в шестифазных турбогенераторах не получили должного теоретического и практического рассмотрения. В связи с этим, диссертационная работа Гришина Н.В., направленная на разработку корректных методик расчета и экспериментального определения эквивалентных индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа установившихся режимов и переходных процессов, в целях повышения работоспособности и надежности эксплуатации шестифазных турбогенераторов, безусловно, актуальна.

Для достижения поставленной цели и задач диссертации автор использовал современные расчетно-теоретические методы - линеаризация дифференциальных уравнений, операционное исчисление, численное моделирование путем модельно-ориентированного программирования, расчет электромагнитного поля методом конечных элементов. В работе также использованы экспериментальные способы определения индуктивных сопротивлений, приведены результаты испытаний и натурных экспериментов.

К основным научным результатам диссертации следует отнести: полученные теоретические выражения для расчетной оценки индуктивных сопротивлений рассеяния обмотки статора с учётом конструктивных особенностей шестифазных турбогенераторов и взаимного влияния двух трехфазных систем; предложенные способы экспериментального определения индуктивных сопротивлений рассеяния обмотки статора шестифазного турбогенератора; сформированные схемы замещения шестифазных турбогенераторов; разработанную математическую модель шестифазного турбогенератора, позволяющую выполнять анализ симметричных переходных процессов и установившихся режимов.

Практическая ценность результатов диссертации заключается в полученных выражениях и экспериментальных способах определения параметров, математических моделях и схемах

замещения шестифазных турбогенераторов, которые использовались заводом «Электросила» ПАО «Силовые машины» при проектировании и модернизации шести турбогенераторов ТЗВ-1200-2АУЗ мощностью 1200 МВт. Достоверность полученных результатов подтверждается результатами экспериментальных исследований четырёх промышленных шестифазных турбогенераторов ТЗВ-1200-2АУЗ и ТВВ-1200-2УЗ.

Основные результаты работы достаточно полно отражены в публикациях по теме диссертации, прошли апробацию на конференциях.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. При выборе относительных единиц шестифазный генератор рассматривается в качестве эквивалентного трехфазного. Для сохранения соотношений между величинами за базисный ток принимается удвоенной амплитуды номинальный фазный ток, базисное сопротивление статора в таком случае в два раза, меньше обычно принимаемого для трехфазных машин. Но любое преобразование координат справедливо только для линейного случая, равномерного зазора и без учета зубчатости. Оценка погрешности преобразования не приведена.

2. При преобразовании электроэнергии от шестифазной обмотки турбогенератора к трехфазной системе промышленной сети появляются параллельные контуры, распределение токов в которых определяется разностью активных и индуктивных сопротивлений в двух трехфазных обмотках статора турбогенератора. Не показано насколько могут отличаться сопротивления параллельных контуров.

По содержанию и полученным результатам автореферат диссертации соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Гришин Николай Васильевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Заведующий кафедрой электромеханики федерального
Государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования

«Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ)

(153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34.

Тел. 84932269706. E-mail: elmash@em.ispu.ru)

д.т.н., профессор



Казаков
Казаков Юрий Борисович

Подпись д.т.н., профессора Казакова Ю. Б. *Казаков*

Ученый секретарь ученого Совета ИГЭУ *Ширяева*

«17» февраля 2020 г.

Ширяева Ольга Алексеевна

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гришина Н.В.

«Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук

Представленная диссертация посвящена совершенствованию способов проектирования конструкций турбогенераторов, улучшению их характеристик путем более целесообразных способов анализа наиболее тяжелых режимов работы этих машин в переходных процессах.

Шестифазный вариант исполнения обмоток статора турбогенераторов предельной мощности 1200 МВт типа ТЗВ-1200-2АУЗ и ТВВ-1200-2УЗ с тридцатиградусным пространственным сдвигом обмоток двух звезд дает заметные преимущества в сравнении с трехфазным вариантом в установившихся симметричных режимах. В то же время динамика машины, особенно в несимметричных и аварийных режимах, становится более сложной. Усложняются и расчетные модели, требуются уточнения расчетного и экспериментального определения параметров элементов. Более сложной становится и связь генератора с повышающим трансформатором. Несмотря на длительный период практического освоения шестифазной конструкции, до сих пор остаются нерешенными многие вопросы, удачно затрагиваемые в диссертации.

В качестве комментариев и замечаний можно отметить следующие:

1. Формулировки цели настоящей работы не вполне корректны. Было бы лучше сделать акцент на уточнение существующих способов определения параметров с целью приближения результатов расчетов и математического моделирования к результатам натурных испытаний реальной машины.
2. Постановка задач также могла бы быть отредактирована для устранения присущей ей в автореферате неоправданной фундаментальности.
3. Уравнения шестифазной машины (1) рассматривают только одну из двух систем звезд. Взаимосвязь двух систем учитывается лишь токами, в то время как в переходных режимах она будет проявляться и в напряжениях.
4. В работе подробно рассматриваются способы аналитического и экспериментального определения индуктивных сопротивлений, включая переходные и сверхпереходные по продольной оси « d ». Однако, из автореферата не ясно, проводились ли автором соответствующие оценки для индуктивных сопротивлений по поперечной оси « q »? Если нет, то как, в таком случае, пользоваться средствами компьютерного моделирования MatLab Simulink и Simpowersystems при так называемых «фундаментальном» (наиболее полном) и «стандартном» описании синхронной машины в этом пакете?

В целом представленная работа выполнена на высоком научном уровне и безусловно свидетельствует о способности автора решать важные научные проблемы.

Автору диссертации Гришину Николаю Васильевичу может быть присуждена ученая степень кандидата технических наук.

Заведующий кафедрой «Электромеханические системы»
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске,
к.т.н., доцент

Доцент кафедры «Теоретические основы электротехники»
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске



В.В. Рожков

К.К. Крутиков



В.В. Рожков
К.К. Крутикова

Место работы (почтовый адрес организации)	Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске 214013, Россия, г. Смоленск, Энергетический проезд, дом 1
Телефон	+7(4812) 64-17-92
E-mail	EMS@sbmpei.ru
Дата написания отзыва	17.02.2020

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гришина Николай Васильевича на тему «Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты

Актуальность темы по созданию энергоблоков атомных электростанций мощностью свыше 1000 МВт с быстроходными шестифазными турбоустановками не вызывает сомнений.

Поставленные в работе цели, а именно: разработка способов расчетного и экспериментального определения индуктивных параметров, свойственных шестифазным турбогенераторам, позволяющих с помощью соответствующей математической модели выполнять анализ широкого спектра переходных процессов и установившихся режимов для обеспечения и повышения работоспособности и надежности эксплуатации данного класса электрических машин в объеме поставленных в работе задач с учетом принятых ограничений, решены.

Для решения поставленных задач в диссертации применены современные аппараты научного исследования.

Практическая ценность работы, заключающаяся в том, что получены и подтверждены экспериментально выражения для расчетной оценки параметров математические модели, используемые при проектировании и совершенствовании конструкции мощных шестифазных турбогенераторов.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. В диссертационной работе представлен большой объем экспериментального материала, полученного на четырёх промышленных образцах шестифазных турбогенераторов типов ТЗВ-1200-2АУЗ и ТВВ-1200-2УЗ. Выполнено сравнение расчетных и экспериментальных данных. Ошибка в определении ненасыщенных значений параметров и экспериментальных данных составляет величины не более 5%.

В результате чтения автореферата диссертационной работы возникли замечания и вопросы:

1. На стр.5 автореферата автор пишет:

«Целью настоящей диссертации является разработка способов расчетного и экспериментального определения индуктивных параметров, свойственных шестифазным турбогенераторам и позволяющих с помощью соответствующей математической модели выполнять анализ широкого спектра переходных процессов и **установившихся режимов** для обеспечения и повышения работоспособности и надежности эксплуатации данного класса электрических машин.

Однако в автореферате нет раздела, где бы учитывалось взаимное влияние трехфазных систем обмотки статора шестифазного турбогенератора на насыщенные значения индуктивных сопротивлений

2. На стр.24 автореферата автор пишет:

Отзыв

на автореферат диссертации Гришина Николая Васильевича

«Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов»

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты

Диссертация посвящена расчетному и экспериментальному определению индуктивных параметров, используемых в предложенной математической модели шестифазного турбогенератора для исследования переходных процессов. Актуальность работы обусловлена широким применением в настоящее время шестифазных турбогенераторов на атомных электростанциях в России и большим объемом проектных работ для обеспечения их надежной эксплуатации при прохождении различных аварийных ситуаций.

В работе представлено математическое описание шестифазного турбогенератора на основе уравнений типа Горева-Парка; предложены способы расчетного определения используемых электромагнитных параметров в соответствии с представлениями классической электромеханики; предложены способы их экспериментального определения на основе простых для воспроизведения экспериментов; приведены экспериментальные данные по определению индуктивных сопротивлений, расчетные и экспериментальные характеристики установившихся режимов; предложены схемы замещения, отражающие взаимосвязь между параметрами машины; выполнен анализ различных переходных процессов.

Несомненным преимуществом предложенного подхода является возможность рассмотрения различных переходных процессов на базе единой математической модели с использованием единого набора электромагнитных параметров, при этом открывается возможность для исследования сложных комбинированных переходных процессов. В качестве отдельного достоинства следует подчеркнуть комплексный характер работы, отражающий вопросы математического моделирования, расчетного и экспериментального определения используемых параметров, её практическую направленность.

Вместе с тем, по автореферату имеется несколько замечаний, не снижающих научной значимости и уровня диссертационной работы:

- к сожалению, в автореферате не представлены результаты анализа численного расчета картины электромагнитного поля, на которые ссылается автор и которые подтверждают найденные аналитически электромагнитные параметры;
- предложено несколько экспериментальных способов определения исследуемых параметров, однако в автореферате не указано, какие являются наиболее предпочтительными.

Диссертация, если судить по автореферату и публикациям, имеет научную новизну, вносит вклад в развитие теории переходных процессов синхронных машин и в целом может быть квалифицирована как законченная научно-исследовательская работа, соответствующая требованиям п.9 Положения о присуждении научных степеней, а её автор Гришин Николай Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Генеральный директор ЗАО «СуперОкс»
кандидат химических наук

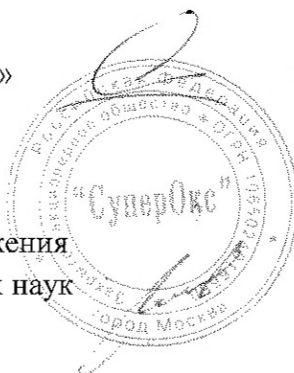
Самойленков
Сергей Владимирович

Руководитель лаборатории электродвижения
ЗАО «СуперОкс», кандидат химических наук

Калитка
Владислав Сергеевич

Инженер 1 категории ЗАО «СуперОкс»,
кандидат технических наук

Корнеев
Вячеслав Викторович



Корнеев

Корнеев В.В. защитил кандидатскую диссертацию по специальности 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты»

Закрытое акционерное общество «СуперОкс»
Адрес: 117246, г. Москва, Научный проезд, дом 20, строение 2,
тел. +7 (495) 669 7995, e-mail: v.korneev@superox.ru

«25» февраля 2020 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Гришина Николая Васильевича**
**«Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений
шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов»,**
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.09.01 - **Электромеханика и электрические аппараты.**

В настоящее время доля производимой электрической энергии атомными электростанциями постоянно растет как на территории России, так и за её пределами. Все чаще этот вопрос решается за счет увеличения удельной мощности генерирующих установок, в частности, за счет перехода на турбогенераторы мощностью выше 1000 МВт. При этом предпочтение по многим причинам отдается установкам на базе шестифазных турбогенераторов, которые строятся на основе трехфазных электрических машин. Однако, перед проектировщиками и эксплуатирующими организациями встает ряд существенных вопросов, связанных с шестифазным исполнением обмоток, которое в литературе освящено сравнительно слабо. Наиболее острыми являются вопросы оценки параметров обмоток генератора, которые необходимы для исследования различных режимов работы и переходных процессов. Учитывая отсутствие комплексных методик по моделированию указанных машин, считаю тему диссертации актуальной. Научная новизна работы включает в себя достаточное количество теоретических и экспериментальных обоснований. Диссертация обладает высокой практической ценностью и является законченной научно-квалификационной работой.

К тексту автореферата имеются следующие замечания.

1. При описании поставленных задач в автореферате диссертации автор указывает на применение в своей работе численного проектирования, в том числе расчета электромагнитного поля методом конечных элементов. При этом в автореферате далее это никак не отражено. Вместо этого автор ссылается на программный продукт MATLAB Simulink в котором не может быть применен метод конечных элементов.

2. Из текста автореферата не понятно возможно ли применение предложенной автором математической модели для других моделей шестифазных генераторов схожей мощности.

Замечания не снижают общего положительного впечатления от работы.

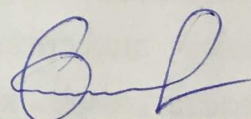
Заключение по диссертационной работе

В целом диссертация **Гришина Николая Васильевича** является законченным исследованием и написана на хорошем научном уровне. Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на конференциях и опубликованы в 5 научных трудах автора.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор **Гришин Николай Васильевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 - «Электромеханика и электрические аппараты».

кандидат технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»,

доцент отделения электроэнергетики и электротехники инженерной школы энергетики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)



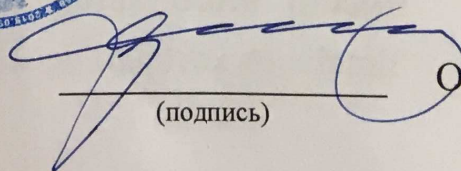
(подпись)

Киселев Александр Викторович

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
ФГАОУ ВО НИ ТПУ
+7(3822) 701-777 (доб. 3457)
e-mail: kiselevav@tpu.ru



Подпись к.т.н. Киселева А. В. заверяю
Ученый секретарь ФГАОУ ВО НИ ТПУ



(подпись)

О.А. Ананьева

«3» марта 2020 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гришина Николая Васильевича на тему: «Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»

Диссертация Гришина Николая Васильевича посвящена вопросам исследования шестифазных турбогенераторов. Данным электрическим машинам свойственно большое многообразие различных переходных процессов. При этом вопросы нахождения эквивалентных электромагнитных параметров, определяющих характер протекания процессов, в настоящее время недостаточно проработаны. В этой связи можно отметить, что тема исследования является актуальной.

Диссертация имеет прикладную направленность, в ней решаются задачи разработки способов теоретического и экспериментального определения индуктивных сопротивлений шестифазного турбогенератора для рационального математического моделирования переходных процессов. В процессе исследования Гришиным Н.В. получены новые теоретические выражения и экспериментальные способы, расчетные модели, приведены результаты экспериментов на натуральных образцах оборудования, подтверждающие расчетные данные с необходимой степенью точности. Особую значимость имеет представленный подход, позволяющий рассматривать различные, в том числе и комбинированные переходные процессы с использованием единой математической модели с неизменным набором электромагнитных параметров, относительно простых для расчетного или экспериментального определения.

По содержанию автореферата имеются следующие замечания:

1. Приведены зависимости индуктивного сопротивления рассеяния обмотки статора и его составляющих от коэффициента укорочения шага обмотки. В то же время отсутствуют выводы о предпочтительном выборе этого параметра с точки зрения прохождения переходных процессов.

2. Требуется пояснения, каким образом учитывалось регулирование возбуждения турбогенератора при моделировании переходных процессов.

3. Не понятно почему в работе наряду с традиционным термином «коэффициент укорочения шага обмотки» используется неиспользуемый в литературе термин «коэффициент сокращения шага обмотки».

Приведенные замечания не снижают положительной оценки рассматриваемой работы. Диссертация выполнена на высоком научном уровне и является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей научной специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты» технических наук. Полученные результаты имеют научную новизну, обладают теоретической и практической значимостью. Диссертация соответствует требованиям пп.9-14 «Положения о присуждении

ученых степеней», а её автор Гришин Николай Васильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Заместитель директора Аналитического
Центра безопасности оборудования и ГТС, к.т.н.

В. Кузьмичев
26.02.2020
Кузьмичёв В.А.

Подпись Кузьмичёва В.А. заверяю,
Директор Филиала АО «Институт Гидропроект» -
«НИИЭС», д.т.н.



О.Д.Рубин

г.Москва, Волоколамское ш., д.2

Сведения о лице, составившем отзыв	
Фамилия, Имя, Отчество	Кузьмичев Владимир Александрович
Ученая степень	к.т.н.
Ученое звание	-
Должность	Заместитель директора
Структурное подразделение	Аналитический Центр безопасности оборудования и ГТС
Место работы (почтовый адрес организации)	Филиала АО «Институт Гидропроект» - «НИИЭС» 125993, г.Москва, Волоколамское ш., д.2
Телефон	+7 (495) 727-36-05
E-mail	v.kuzmichev@hydroproject.ru
Дата написания отзыва	26.02.2020



ПОТВЕРЖДАЮ»

ФЕВРУ ВО

«Вологодский государственный университет»

Проректор по науке и инновациям

С.Г. Литвинец

февраля 20 20

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гришина Николая Васильевича «Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты»

Представленная диссертация посвящена разработке расчетных и экспериментальных методик определения индуктивных сопротивлений рассеяния шестифазных синхронных турбогенераторов и построению математических моделей названных электрических машин (ЭМ) для анализа широкого спектра переходных процессов. Шестифазные синхронные машины (СМ) большой мощности обладают рядом преимуществ в части использования активной части и снижения добавочных потерь, в то же время, математические модели и методики определения индуктивных сопротивлений для подобных ЭМ еще не получили должного развития. Поэтому тема диссертационной работы является актуальной.

Автором выполнен анализ преимуществ шестифазных СМ, отмечено отсутствие единого подхода к определению параметров и анализу переходных процессов в данных ЭМ. На базе дифференциальных уравнений Парка построена математическая модель шестифазной СМ; путем решения системы уравнений операторным методом получены аналитические выражения для расчета индуктивных параметров; исследовано влияние обмоточных данных на величины индуктивных сопротивлений рассеяния шестифазных СМ. Предложены способы экспериментального определения индуктивных сопротивлений рассеяния названных ЭМ при проведении приемочных испытаний. Также синтезированы схемы замещения, позволяющие анализировать индуктивные сопротивления и токи шестифазного турбогенератора, работающего в различных режимах. На базе предложенных дифференциальных уравнений и экспериментально определенных параметров выполнен анализ широкого класса переходных процессов в шестифазных синхронных ЭМ, что подтверждает работоспособность созданных моделей и методик.

Практическая ценность диссертации состоит в разработке методик для расчетного и экспериментального определения индуктивных сопротивлений рассеяния шестифазных СМ, а также в создании программного обеспечения для анализа широкого класса переходных процессов в шестифазных СМ.

Достоверность выводов и рекомендаций диссертации подтверждается результатами моделирования с использованием современных программных пакетов и экспериментальными исследованиями промышленных образцов шестифазных турбогенераторов большой мощности.

Публикации и автореферат в полной мере отражают содержание диссертации.

По автореферату имеются следующие вопросы:

1. Какими методами определялись синхронные индуктивные сопротивления $x_{d(3)}$ и $x_{d(6)}$ в режиме с разомкнутыми обмотками и в режимах установившегося трехфазного (и, соответственно, шестифазного) короткого замыкания?

2. Насколько, на взгляд автора, будет оправдано применение шестифазных синхронных генераторов средней мощности по сравнению с трехфазными (например, в системах электропитания летательных аппаратов)?

В целом, диссертационная работа выполнена на актуальную тему, содержит новые научно обоснованные решения в области теории и практического применения шестифазных синхронных генераторов и соответствует п.п. 9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней и другим требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, в том числе, паспорту научной специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты», а ее автор – Гришин Николай Васильевич – достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Зав. кафедрой
Электрических машин и аппаратов
им. А.С. Большева
Вятского государственного университета,
к.т.н.
aa_fominyh@vyatsu.ru, (8332)742-735,
610033, Киров, Студенческий проезд, 11, а. 8-302

Фоминых
Антон Анатольевич

Доцент кафедры ЭМА ВятГУ, к.т.н., доцент
shestakov@vyatsu.ru, (8332)742-736,
610033, Киров, Студенческий проезд, 11, а. 8-302

Шестаков
Александр Вячеславович

Адрес организации: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет», 610000, Киров, ул. Московская, 36 тел. (8332) 64-65-71, факс (8332) 64-79-13, info@vyatsu.ru



Собственноручную подпись
Фоминых А.А. заверяю.
Ведущий специалист по кадрам
Шестаков А.В. | *Тедухова С.А.*

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гришина Н.В.

«Расчетное и экспериментальное определение индуктивных сопротивлений шестифазных турбогенераторов для анализа переходных процессов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты

Рост мощности в единице объема приводит к более высокому использованию материалов в турбогенераторах. В основном это достигается путем увеличения электромагнитных нагрузок и внедрения непосредственного охлаждения обмоток. В то же время имеются способы повышения общих показателей турбогенераторов за счет улучшения электромагнитных характеристик машины. Один из них заключается в применении шестифазных, вместо обычных трехфазных, обмоток на статоре. В этом случае уменьшение амплитуд высших пространственных гармоник магнитного поля способствует снижению добавочных потерь на поверхности ротора, а многофазность дает возможность снижения объема тока в пазах статора. Это является важным фактором для применения данного технического решения в самых мощных в России двухполюсных турбогенераторах, устанавливаемых на современных АЭС по проекту АЭС-2006. В этом аспекте актуальность, научная новизна и практическая ценность представленной работы безусловна, поскольку она посвящена более глубокому изучению особенностей данных машин, систематизации их параметров, разработке расчетно-теоретических схем, методов испытаний, методик и программ расчета.

В представленной работе определен круг задач, разработано математическое описание шестифазного турбогенератора, предложен способ расчетной оценки составляющих индуктивного сопротивления рассеяния обмотки статора для использования при математическом моделировании переходных и установившихся режимов, рассмотрены способы их экспериментального определения, выполнен сравнительный анализ экспериментальных и расчетных данных, разработаны схемы замещения для анализа установившихся и переходных режимов, выполнен анализ режимов шестифазного турбогенератора. Особый интерес и новизну представляют методики экспериментального определения индуктивных сопротивлений шестифазной машины. Очень важным с точки зрения практики является представленный анализ широкого спектра переходных режимов турбогенератора типа ТЗВ-1200-2АУЗ.

К автореферату имеется ряд вопросов и замечаний:

1. В описании главы 2 указано, что для математического описания шестифазного турбогенератора сформированы уравнения в осях d , q . На самом деле данная координатная система формулируется как d , q , 0 .
2. В уравнениях напряжений для продольного и поперечного контуров обмотки статора u_{d1} и u_{q1} , входящих в систему уравнений шестифазного турбогенератора (1), представленную в описании главы 2, опечатка в знаке перед составляющими ri_{d1} и ri_{q1} .
3. На странице 10 автореферата указано, что m_t – момент турбины. Данный момент должен также учитывать потери холостого хода машины.
4. Сопоставляя данные рисунка 1 и таблицы 2 автореферата, понятно, что принятый шаг укорочения обмотки статора исследуемого шестифазного турбогенератора составляет $5/6$, что обычно принимается для трехфазных якорей машин переменного тока с целью снижения 5 и 7 гармоник МДС обмотки статора. Чем определен выбор такой величины шага, ведь в данном случае указанные гармоники автоматически

снижаются за счет шестифазного исполнения обмотки, и логичнее снижать гармоники кратные 11 и 13?

Несмотря на представленные замечания, диссертация заслуживает самой высокой оценки, полностью соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Гришин Н.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты».


Главный конструктор турбогенераторов
ООО «ААЭМ», к.т.н.



Кади-Оглы Е.Ф.

Подпись Кади-Оглы Е.Ф. заверяю:

Технический директор
ООО «ААЭМ»



А.М. Цветков

Сведения о лице, составившем отзыв	
Фамилия, Имя, Отчество	Кади-Оглы Евгений Федорович
Ученая степень	кандидат технических наук
Ученое звание	-
Должность	главный конструктор турбогенераторов
Структурное подразделение	Служба главного конструктора турбогенераторов
Место работы (почтовый адрес организации)	Общество с ограниченной ответственностью «Турбинные технологии ААЭМ» (ООО «ААЭМ»)
Телефон	+7 (812) 635 81 22
E-mail	e.f.kadi-ogly@aaemturbines.com
Дата написания отзыва	03.03.2020 г.