

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.03 НА  
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА  
РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 17 февраля 2016 г. № 1

О присуждении Чабанову Евгению Александровичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Новый подход к исследованию и идентификации переходных процессов мощных синхронных машин по результатам стендовых испытаний» по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты принята к защите 07 декабря 2015 г., протокол № 18 диссертационным советом Д 212.285.03 на базе ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; созданным приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель, Чабанов Евгений Александрович, 1974 года рождения.

В 1997 году окончил Пермский государственный технический университет по специальности «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети»; в 2000 году окончил очную аспирантуру ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет» по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты; работает в должности доцента кафедры «Электротехника и электромеханика» ФГБОУ ВПО

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Электротехника и электромеханика» ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Шулаков Николай Васильевич, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», кафедра «Электротехника и электромеханика», научный руководитель кафедры.

Официальные оппоненты:

Беспалов Виктор Яковлевич – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет ”МЭИ“» (г. Москва) кафедра «Электромеханика», профессор;

Родионов Игорь Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург), кафедра «Электрические машины», доцент,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, – в своем положительном заключении, подписанном Ганджой Сергеем Анатольевичем, доктором технических наук, заведующим кафедрой «Теоретические основы электротехники», деканом Энергетического факультета, указала, что диссертация Чабанова Е.А. является законченной научной работой, в которой разработан комплекс научно-обоснованных теоретических и практических решений, готовых к применению при исследовании и идентификации переходных процессов мощных синхронных машин по результатам стендовых испытаний. Диссертационная работа оформлена логичным, аргументированным и ясным языком, написана единолично, что свидетельствует о личном вкладе в науку.

Основные материалы и результаты диссертации опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях. С учетом этих фактов работа отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям. Научный уровень, высокое качество, внутреннее единство теоретических и практических результатов работы, их новизна и практическая значимость соответствуют требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Чабанов Евгений Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Соискатель имеет 36 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 36 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 9.

Другие публикации представлены в виде 27 статей, опубликованных в вузовских сборниках научных трудов (3), вестниках университета (3), сборниках материалов международных (15) и всероссийских (5) научных конференций; 1 учебного пособия. Общий объем опубликованных работ – 33,42 п.л., авторский вклад – 15,25 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Чабанов Е.А. Модернизация вероятностно-статистических методов исследования переходных процессов мощных синхронных машин / Судаков А.И., Чабанов Е.А., Шулаков Н.В. // Электротехника. - 2010. - № 6. - С. 20-26. (0,4 п.л. / 0,3 п.л.)

2. Чабанов Е.А. Вероятностно-статистические методы исследования переходных процессов мощных синхронных машин / Судаков А.И., Чабанов Е.А., Шулаков Н.В. // Электротехника. - 2010. - № 8. - С. 22-29. (0,5 п.л. / 0,3 п.л.)

3. Чабанов Е.А. К вопросам исследования и идентификации переходных процессов мощных синхронных машин вероятностно-статистическими методами / Судаков А.И., Чабанов Е.А., Шулаков Н.В. // Электричество. - 2013. - № 3. - С. 34-39. (0,4 п.л. / 0,2 п.л.)

4. Чабанов Е.А. Новые подходы к идентификации переходных

процессов синхронных машин в опытах внезапного симметричного короткого замыкания вероятностно-статистическими методами / Судаков А.И., Чабанов Е.А., Шулаков Н.В. // Интеллектуальные системы в производстве. - 2013. - № 2(22). - С. 207-213. (0,4 п.л. / 0,2 п.л.)

5. Чабанов Е.А. Развитие возможностей вероятностно-статистических методов достоверной идентификации длительных переходных процессов мощных синхронных машин в опытах гашения поля / Судаков А.И., Чабанов Е.А., Шулаков Н.В., Шутемов С.В. // Интеллектуальные системы в производстве. - 2013. - № 2(22). -С. 213-220. (0,5 п.л. / 0,3 п.л.)

6. Chabanov Evgenii A. Novel approaches to analysis of transition processes identification error by probability-statistical methods during sudden symmetric short-circuit tests of synchronous machines / Sudakov Anatolii I., Chabanov Evgenii A., Shulakov Nikolai V. // Acta Technica CSAV (Ceskoslovensk Akademie Ved). Volume 58 (2013). Number 4. P. 381–392. (0,8 п.л. / 0,5 п.л.)

7. Чабанов Е.А. Новые подходы достоверного определения ударного тока якоря синхронной машины / Чабанов Е.А., Судаков А.И. // Электротехника. -2014. -№ 11. -С.42-46. (0,3 п.л. / 0,2 п.л.)

8. Чабанов Е.А. Метод точной оценки косвенно определяемых величин в электромеханике / Чабанов Е.А., Судаков А.И. // Информационно-измерительные и управляющие системы. - 2014. - № 9. - С. 62-70. (0,6 п.л. / 0,4 п.л.)

9. Чабанов Е.А. Вероятностно-статистические методы идентификации синусоидально возрастающих переходных процессов синхронных машин / Чабанов Е.А., Судаков А.И., Турпак А.М., Лоскутников В.А.// Фундаментальные исследования. -2014. - № 12 (10). - С. 2135-2141. (0,4 п.л. / 0,3 п.л.)

На автореферат поступили положительные отзывы:

1. Аипова Рустама Сагитовича, д-ра техн. наук, профессора, зав. кафедрой «Электрические машины и электрооборудование» ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа. Содержит

замечания: большой объем содержания автореферата; вВ автореферате много нового, оригинального, но нет информации о юридическом оформлении этого «нового», «оригинального»; в автореферате нет данных по оценке экономической эффективности проведенной работы.

2. Андреевой Елены Григорьевны, д-ра техн. наук, профессора, профессора кафедры «Электрическая техника» ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет», г. Омск. Содержит замечания: из автореферата не ясно, какие параметры при испытаниях относятся к случайным факторам или признакам?; в работе были построены довольно сложные модели и проведены многочисленные расчеты, скорее всего с помощью программных продуктов. Каких: университетских или установленных на предприятиях, где проводились стендовые испытания? Если программные продукты разрабатывал диссертант, то их следовало бы зарегистрировать в какой-либо отраслевой или государственной организации.

3. Гайтова Бориса Хамидовича, д-ра техн. наук, профессора, академика АЭТН РФ, профессора кафедры «Электротехника и электрические машины»; и Косолапова Андрея Васильевича, канд. техн. наук, доцента, доцента кафедры «Электротехника и электрические машины» ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар. Содержит замечания: в тексте автореферата автор не указал, в каком университете выполнены научные исследования и внедрены новые подходы исследований и идентификации ПП СМ (с.6 и с. 19).

4. Казакова Юрия Борисовича, д-ра техн. наук, профессора, зав. кафедрой «Электромеханика» ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», г. Иваново. Содержит замечания: цифровой анализ переходных процессов при ВКЗ мощных синхронных машин с временным шагом 0.02 с, и даже 0.01 с, (стр. 8 автореферата) не позволяет исследовать быстроизменяющиеся электромагнитные процессы, например, для синхронных машин с частотой

напряжения выше 50 Гц, что ограничивает возможность его применения.; в автореферате диссертации нет указаний, какие разработанные компьютерные программы для автоматизированных исследований и идентификации переходных процессов мощных синхронных машин по результатам стендовых испытаний прошли государственную регистрацию, что затрудняет их распространение, применение, тестирование и ссылку на авторство.

5. Макаричева Юрия Александровича, д-ра техн. наук, доцента, зав. кафедрой «Электромеханика и автомобильное электрооборудование»; и Зубкова Юрия Валентиновича, канд. техн. наук, доцента, доцента кафедры «Электромеханика и автомобильное электрооборудование» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара. Содержит замечания: в разделе «Практическая значимость, п. б» заявлено, что разработанные вероятностно-статистические методы представляют практическую ценность для проектирования мощных СМ. Из автореферата не ясно, каким образом эти методы могут использоваться при проектировании?; стр. 11, п.4 – «Оптимизация установившегося значения тока якоря...». Неясно, как можно «оптимизировать» ток якоря, по каким критериям и какими средствами?; Стр. 16, рис.7. Из рисунков не ясно, в каких координатах представлены данные трехмерные зависимости; стр. 17 – «Дисперсия лучше в выборках на порядок генеральных вариационных рядов...». Определение «лучше» или «хуже» не корректно по отношению к понятию дисперсия. Это и некоторые другие предложения не согласованы (п. 2 задач, стр. 3, стр. 13 и др.); в автореферате изобилие сокращений (ВН, ГП, УВ, ГП и г.д.), в том числе представленных нерасшифрованными аббревиатурами (например ЭТВ?), которые нельзя отнести к общепринятым в литературе по специальности 05.09.01, что затрудняет анализ и оценку материала.

6. Козярука Анатолия Евтихиевича, д-ра техн. наук, профессора, зав. кафедрой «Электротехника, электроэнергетика, электромеханика»; и Кагана Андрея Вадимовича, канд. техн. наук, доцента, доцента кафедры

«Электротехника, электроэнергетика, электромеханика» ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (Горный университет), г. Санкт-Петербург. Содержит замечания: затрудненное восприятие работы из-за большого количества принятых в тесте аббревиатур; избыточный объем описания в автореферате методов исследования и, как следствие, дублирование материала с разделом «Научная новизна»; из материалов автореферата не совсем ясны границы применимости предлагаемого подхода. В частности, почему результаты исследований не могут быть распространены на синхронные генераторы мощностью менее 100 кВА, явнополюсные машины, синхронные электродвигатели?

7. Изотова Анатолия Ивановича, канд. техн. наук, доцента, зав. кафедрой «Электрические машины и аппараты» им. А.С. Большева; и Шестакова Александра Вячеславовича, канд. техн. наук, доцента, доцента кафедры «Электрические машины и аппараты» им. А.С. Большева ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров. Содержит вопросы: что означают величины токов  $I_{vj}$ , приведенные в формуле (1)?; в чем состоит сущность алгоритма расчета переходных и сверхпереходных индуктивных сопротивлений по поперечной оси с учетом предложенных в диссертации методик?; имеются ли программные продукты и другие инженерные решения, защищенные патентами и свидетельствами?

8. Сайкина Михаила Сергеевича, канд. техн. наук, доцента, доцента кафедры «Теоретические основы электротехники и электротехнологий» ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», г. Иваново. Содержит замечания: из содержания автореферата не понятно, почему при разделении дискретного симметричного тока якоря синхронной машины на составляющие нижняя граница задаётся зависимостью 7 (с. 11)?; какие методы планирования эксперимента применялись в Вашей работе?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в области

разработки научных основ создания и совершенствования электромеханических преобразователей и разработки подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование и диагностику функционирования электромеханических преобразователей, наличием публикаций в ведущих рецензируемых изданиях.

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании выполненных соискателем исследований:

**обоснован** новый подход к исследованию и идентификации переходных процессов синхронных машин более 100 кВА и

**разработаны** новые методы диагностики переходных процессов синхронных машин мощностью более 100 кВА с учетом вероятностно-статистических методов с целью получения более высокоточной и достоверной идентификации этих процессов по сравнению с действующими отечественными и международными стандартами при стендовых испытаниях в процессе изготовления, модернизации, эксплуатации и ремонта мощных синхронных машин с учетом влияния различных случайных факторов;

**предложены** современные способы регистрации, сжатия и сглаживания первичных данных стендовых испытаний синхронных машин с целью их подготовки для проведения дальнейших исследований переходных процессов;

**впервые разработаны**

– метод статистических исследований с качественным анализом влияния опытных данных переходных процессов синхронных машин в исследуемом диапазоне на свойства постоянной времени (случайного признака) для формирования и определения свойств генеральной совокупности случайного признака и выборки из нее;

– оригинальный метод минимизации среднеквадратичной погрешности приближения модели переходной составляющей в исследуемом диапазоне переходного процесса к ее опытным данным с учётом влияния различных случайных факторов и представление этой погрешности дискретной

поверхностью в трехмерной системе координат;

– метод эффективной и точной оценки ударного тока из опыта внезапного симметричного короткого замыкания по одной вершине переходного процесса без определения параметров синхронной машины из данного опыта;

– метод определения индуктивных сопротивлений по оси  $q$  с оценкой его отклонения от индуктивного сопротивления вдоль оси  $d$  по результатам стендовых испытаний в опыте внезапного симметричного короткого замыкания.

**доказана** перспективность нового подхода его апробацией по результатам исследования и идентификации переходных процессов по опытным данным натуральных образцов мощных синхронных машин в опытах внезапного симметричного короткого замыкания, восстановления напряжения, гашения поля с учетом влияния различных случайных факторов.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**разработаны** теоретические основы новых методов диагностики переходных процессов мощных синхронных машин с учетом оригинального исследовательского варианта вероятностно-статистических методов, обеспечивающих высокоточную и достоверную идентификацию различных переходных процессов синхронных машин с учетом влияния различных случайных факторов;

**доказаны** апробацией разработанных новых методов диагностики переходных процессов с учетом вероятностно-статистических методов по опытным данным натуральных образцов синхронных машин в опытах внезапного симметричного короткого замыкания, восстановления напряжения, гашения поля с учетом влияния различных случайных факторов;

**раскрыты** особенности применения новых методов диагностики переходных процессов с учетом вероятностно-статистических методов при исследовании и идентификации различных переходных процессов в опытах

внезапного симметричного короткого замыкания, восстановления напряжения, гашения поля;

**изучено влияние:** опытных данных переходных процессов синхронных машин на свойство случайного признака переходной составляющей в исследуемом диапазоне переходного процесса в различных опытах; установившегося значения тока (напряжения) и нижней границы участка переходного процесса с переходной составляющей на конечный результат его идентификации; шага дискретизации исходной информации на конечный результат идентификации переходного процесса; шага вариации установившегося значения тока (напряжения) и нижней границы участка переходного процесса с переходной составляющей на весь процесс идентификации;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы разработанные методики:** при предварительной обработке и подготовке первичных данных стендовых испытаний; при разработке теоретических основ новых методов диагностики переходных процессов мощных синхронных машин с учетом вероятностно-статистических методов; при апробации теоретических основ новых методов диагностики переходных процессов мощных синхронных машин с учетом вероятностно-статистических методов; при анализе результатов апробации теоретических основ новых методов диагностики переходных процессов мощных синхронных машин с учетом вероятностно-статистических методов по результатам стендовых испытаний натуральных образцов синхронных машин с учетом влияния различных случайных факторов.

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

**разработаны рабочие алгоритмы и программы:**

- эффективного варианта сжатия используемого объема первичных данных дискретно заданных переходных процессов синхронных машин;
- новых аналитических способов выделения вершин, дискретных

огибающих, разделение полного дискретно заданного тока якоря на симметричный и асимметричный токи переходного процесса;

– новых методов диагностики переходных процессов мощных синхронных машин с учетом вероятностно-статистических методов, предназначенных для исследования и идентификации и экспресс-обработки переходных процессов мощных синхронных машин по опытным данным стендовых испытаний в условиях влияния различных случайных факторов, которые имеют практическую ценность для проектирования, модернизации, эксплуатации и ремонта синхронных машин;

– оценки коррекции погрешности смещения первых 5-6 вершин переходного процесса в опытах внезапного симметричного короткого замыкания;

– метода идентификации сверхпереходной составляющей в опытах гашения поля из единого переходного процесса благодаря использованию цифрового запоминающего осциллографа;

**определены** рекомендации по: подготовке первичных данных результатов стендовых испытаний; заданию границ участков идентифицируемых составляющих переходного процесса; выбору шагов вариации установившегося значения тока (напряжения) и нижней границы переходного процесса с переходной составляющей при минимизации среднеквадратичной погрешности приближения ее модели к опытным данным в исследуемом диапазоне; выбору шага дискретизации элементов переходного процесса при проведении статистических исследований, при длительных переходных процессах в опытах восстановления напряжения, гашения поля, при определении погрешностей;

**представлены** перспективы практического использования разработанного нового подхода в практике обработки результатов стендовых испытаний мощных синхронных машин.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:**

**для переходных процессов по итогам стендовых испытаний**

синхронных машин показана сходимость смоделированных переходных процессов по результатам их идентификации к опытным данным;

**теория (методология)** полностью сохранена по отечественным и международным стандартам на испытание синхронных машин, но основана на новых методах диагностики переходных процессов с учетом вероятностно-статистических методов и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на практической потребности разработки нового подхода к исследованию и идентификации переходных процессов синхронных машин по результатам стендовых испытаний с учетом влияния различных случайных факторов, которые приводят к разбросу результатов идентификации переходного процесса синхронных машин;

**выполнен** обзор научных трудов российских и зарубежных специалистов, а также материалы научно-технических конференций и семинаров и **подтверждено (установлено)** качественное и количественное совпадение высокоточных и достоверных результатов диссертации с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

**использованы** разработанные в диссертации новые методы диагностики переходных процессов синхронных машин с учетом вероятностно-статистических методов и общеизвестные методы (критерий согласия Пирсона, распределение Пуассона и др.), а также методы математического моделирования;

**Личный вклад соискателя состоит в:**

– проведении анализа методов, вновь создаваемых и действующих в существующих стандартах, идентификации переходных процессов синхронных машин с обоснованием нового подхода к исследованию и идентификации переходных процессов синхронных машин по результатам стендовых испытаний в условиях влияния различных случайных факторов;

– разработке эффективных вариантов сжатия используемого объема

первичных данных дискретно заданных переходных процессов синхронных машин, позволивших развить аналитические способы выделения вершин, дискретных огибающих, разделение полного дискретно заданного тока якоря на симметричный и асимметричный токи переходного процесса;

– разработке новых методов диагностики переходных процессов синхронных машин мощностью более 100 кВА с учетом вероятностно-статистических методов с целью исследования и идентификации и экспресс-обработки переходных процессов мощных синхронных машин с учетом влияния различных случайных факторов; новые методы диагностики позволили разработать способы идентификации сверхпереходной составляющей в опытах гашения поля из единого переходного процесса и оценивать коррекции погрешности смещения первых 5-6 вершин переходного процесса в опытах внезапного симметричного короткого замыкания;

– разработке на базе элементов теории вероятностей и математической статистики метода статистических исследований с качественным анализом влияния опытных данных переходного процесса синхронной машины в исследуемом диапазоне на свойства постоянной времени (случайного признака);

– разработка метода минимизации среднеквадратичной погрешности приближения модели переходной составляющей в исследуемом диапазоне переходного процесса к ее опытным данным с представлением этой погрешности трехмерной поверхностью, позволившей оптимизировать установившееся значение и нижнюю границу на участке переходного процесса с переходной составляющей;

– разработке метода эффективной и точной оценки ударного тока из опыта внезапного симметричного короткого замыкания по одной вершине переходного процесса без определения параметров синхронной машины;

– разработке метода определения индуктивных сопротивлений по оси  $q$  с оценкой их отклонения относительно индуктивных сопротивлений по оси

