

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 512.002.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЕТЕВОЙ КОМПАНИИ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ» (АО «НТЦ ФСК ЕЭС»)
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19 апреля 2021 года № 2

О присуждении Гурикову Олегу Викторовичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика выбора параметров настройки системных стабилизаторов микропроцессорных автоматических регуляторов возбуждения, работающих в энергообъединениях сложной структуры» по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы» принята к защите 30.07.2020 (протокол заседания № 7) диссертационным советом Д 512.002.01, созданным в соответствии с приказом Министерства образования и науки РФ от 11.04.2012 № 105/нк на базе Открытого акционерного общества «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы» (ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»), находящегося по адресу: 115201, г. Москва, Каширское шоссе, дом 22, корпус 3.

Соискатель Гуриков Олег Викторович, 1988 года рождения, в 2010 году окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по специальности «Электроэнергетика». В 2014 году окончил обучение в очной аспирантуре открытого акционерного общества «Научно-технический центр Единой энергетической системы» по специальности 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы». С 2009 года по настоящее время в должности старшего научного

сотрудника работает в Акционерном обществе «Научно-технический центр Единой энергетической системы Противоаварийное управление».

Диссертация выполнена в очной аспирантуре открытого акционерного общества «Научно-технический центр Единой энергетической системы».

Научный руководитель – Есипович Аркадий Хаимович, доцент, кандидат технических наук, заведующий лабораторией испытаний и моделирования электроэнергетических систем отдела электроэнергетических систем Акционерного общества «Научно-технический центр Единой энергетической системы Противоаварийное управление».

Официальные оппоненты:

Фишов Александр Георгиевич – доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированных электроэнергетических систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет»,

Кузнецов Олег Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетических систем Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт – Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном:

Юргановым Алексеем Анатольевичем – д.т.н., профессором Высшей школы электроэнергетических систем Института энергетики,

Беляевым Андреем Николаевичем – д.т.н., профессором Высшей школы электроэнергетических систем Института энергетики,

указала, что диссертационная работа соответствует требованиям пп. 9-14 раздела II (Критерии, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней) «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от

24 сентября 2013 г. № 842 (ред. 01.10.2018), предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Гуриков Олег Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Соискатель имеет 27 опубликованных работ, в том числе, по теме диссертации опубликовано 7 работ, из них в рецензируемых журналах из списка ВАК опубликовано 3 работы.

В рецензируемых журналах из перечня ВАК:

1. Гуриков О. В., Зеленин А. С., Штефка Й. Методика построения математических моделей микропроцессорных АРВ // Известия НТЦ Единой Энергетической Системы. – 2016. – № 75. – С. 45-58.

2. Гуриков О. В., Штефка Й. Алгоритм аппроксимации амплитудно-фазовой частотной характеристики дробно-рациональной функцией методом наименьших квадратов и его программная реализация // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2015. – № 2 (74). – С. 83-88.

3. Гуриков О. В., Зеленин А. С., Кабанов Д. А. Разработка методики настройки системных стабилизаторов зарубежного типа с использованием частотных методов анализа // Электрические станции. – 2015. – №12. – С. 9-17.

В других изданиях:

4. Гуриков О. В., Зеленин А. С., Кабанов Д. А. Влияние точности цифровой модели автоматического регулятора возбуждения на результаты оптимизации его настроечных параметров // Сборник статей VII Международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи» Т.2 – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т. – 2016. – С. 178-181.

5. Выборных И. Г., Гуриков О. В. Алгоритм аппроксимации частотных характеристик методом наименьших квадратов // Известия НТЦ Единой энергетической системы. – 2014. – № 2 (71). – С. 35-42.

6. Гуриков О. В. Применение аппроксимации Паде для представления цифровых фильтров в виде рациональных дробей // Сборник статей V Международной научно-технической конференции «Электроэнергетика

глазами молодежи» Т.1 – Томск: Мин-во образования и науки РФ, Томский политехнический университет. – 2014. – С. 585-590.

7. Гуриков О. В., Штефка Й. Совершенствование программных средств оценки качества регулирования при оптимизации настроек автоматических регуляторов возбуждения сильного действия // Сборник статей III Международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи» Т.2 – Екатеринбург: УрФУ. – 2012. – С. 155-160.

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных работах. Личный вклад автора в опубликованных работах из перечня ВАК:

[1] – разработка методики создания математических моделей микропроцессорных АРВ, исследование особенностей работы микропроцессорной техники, разработка способов корректного учета статических и динамических характеристик элементарных звеньев алгоритма работы АРВ, составление программы испытаний с промышленным образцом АРВ СД;

[2] – разработка алгоритма аппроксимации амплитудно-фазовой частотной характеристики дробно-рациональной функцией методом наименьших квадратов, реализация данного алгоритма программными средствами, получение и обработка результатов эксперимента по практическому применению, модернизация алгоритма по результатам практического применения;

[3] – разработка методики настройки системных стабилизаторов зарубежного типа, развитие частотных методов анализа колебательной устойчивости энергосистем, анализ результатов экспериментов и доработка методики на основе полученных результатов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Положительный отзыв от **Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири**, подписанный Вагаповым Н.Р., заместителем начальника службы электрических режимов. Отзыв содержит следующие замечания:

- В разделе 4.2.4.2 «Подготовка базовых электроэнергетических режимов и порядок загрузки контролируемых сечений по мощности» фигурируют

требования загрузки контролируемого сечения до величины РМДП. В соответствии с современными требованиями при управлении режимом энергосистем допустимо длительно работать с перетоками активной мощности, не сниженными на величину нерегулярных колебаний активной мощности (то есть с перетоками активной мощности на уровне РМДП+Рнк), предлагается учитывать данную величину.

- В разделе 4.2.4.2 «Подготовка базовых электроэнергетических режимов и порядок загрузки контролируемых сечений по мощности» в качестве РМДП в контролируемых сечениях упомянуты допустимые перетоки активной мощности из действующих инструкций по управлению электрическими режимами. При этом функционирующая система мониторинга запасов устойчивости (далее – СМЗУ) для многих контролируемых сечений в ЕЭС зачастую определяет РМДП значительно выше инструктивных значений. Таким образом, при настройке системных стабилизаторов следует учитывать, что РМДП могут быть выше инструктивных значений. В качестве возможных уточнений могут рассматриваться:

а. Учет уже накопленной статистики функционирования СМЗУ для контролируемых сечений, которые могут рассматриваться как слабые в контексте разработанной автором методики.

б. Уточнение в подготовленных базовых электроэнергетических режимах величины допустимых перетоков активной мощности (в части составляющих, связанных со статической устойчивостью) относительно инструктивных значений.

с. Подготовку базовых электроэнергетических режимов с загрузкой контролируемых сечений по активной мощности до уровня МДП необходимо осуществлять с учетом дополнительной информации от соответствующего филиала АО «СО ЕЭС» по факторам, влияющим на допустимые перетоки активной мощности (количества единиц генерирующего оборудования на электростанции, нагрузки отдельных электростанций, включенного состава и режимов работы средств

компенсации реактивной мощности, величин потребления активной мощности энергосистем, энергорайонов, энергоузлов).

- В разделе 4.2.4.3 «Подготовка характерных электрических режимов на основе базовых электрических режимов» в п. 5 указано, что дополнительно может быть рассмотрено увеличение перетока активной мощности до АДП в схемах с отключенным состоянием элементов. Кроме этого желательно рассматривать режимы с АДП, в том числе, и в нормальной схеме. Данная ситуация может быть актуальна, когда в нормальной схеме при работе с перетоком активной мощности на уровне РМДП+РНК происходит нормативное возмущение в виде аварийного небаланса активной мощности, приводящего к набросу активной мощности на контролируемое сечение.

2. Положительный отзыв от **ООО «Прософт-Системы»**, подписанный Крючковым П.А., к.т.н., доцентом, руководителем ГУП ДАЭС ООО «Прософт-Системы». Отзыв содержит следующие замечания:

- Необходимо пояснить, какие математические методы используются при минимизации целевой функции в задаче выбора оптимальных параметров настройки регулятора возбуждения. Влияет ли выбор методов на получаемые результаты?

- Какая величина погрешности математической модели АРВ СД, предлагаемой автором?

3. Положительный отзыв от **ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»**, подписанный Паздериным А.В., д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Автоматизированные электрические системы», а также Тащилиным В.А. к.т.н., доцентом кафедры «Автоматизированные электрические системы». Отзыв содержит следующие замечания:

- Предложенная в главе 2 методика построения достоверной модели системы регулирования возбуждения ставит своей целью по итогу получить передаточную функцию канала регулирования. Однако, передаточные функции способны описывать только линейные динамические системы, тогда как системы регулирования возбуждения в некоторых ситуациях проявляют резко

нелинейные свойства, например при форсировке, как данный фактор учитывается при разработке модели и ее последующем применении для определения настроек?

- Возможно ли, на основе предложенной методики разработать адаптивный алгоритм выбора параметров устройств регулирования возбуждения в ответ на изменения режима работы генератора?

- На рисунке 4.16 диссертации показано, что наличие любого из рассматриваемых PSS приводит к заметному улучшению демпфирования электромеханических колебаний. Однако на рисунке 4.8 переходный процесс, соответствующий третьей группе настроек, отсутствует по причине неустойчивости переходного процесса. С чем может быть связано то, что настроенный по третьей методике регулятор проявляет себя в данном случае даже хуже, чем полное отсутствие регулирования?

4. Положительный отзыв от **ООО «ЛАНИТ-ТЕРКОМ»**, подписанный Уфнаровским В.В., исполнительным директором. Отзыв содержит следующие замечания:

- На странице 85 приведена формула (3.2) по оценке точности комплекснозначной функции и даны допустимые величины погрешности в диапазоне частот 0-3 Гц и 0-10 Гц. Требуется пояснить, по какой причине автор выбрал для оценки два пересекающихся диапазона, а не, например, 0-3 Гц и 3-10 Гц.

- Там же, в формуле (3.2) присутствует логарифмическая функция от частоты, при этом автор задает диапазон интегрирования от 0 Гц включительно. Каким образом автор предполагает использовать на практике формулу (3.2), если упомянутая логарифмическая функция при нулевом значении частоты будет принимать сингулярное значение?

- Автор в разделе диссертации «3.2 Аппроксимация методом наименьших квадратов» по сути самостоятельно разработал метод синтеза передаточной функции объекта управления по его реакции на задаваемое тестовое возмущение. Методов синтеза со сравнимой эффективностью известно множество, например метод, широко известный Прони или те, на которые

сослался сам автор [70-74]. По какой причине автор принял решение не адаптировать существующие методы, а разрабатывать новый?

- Остается не ясным, по какой причине автор реализовал разработанные им алгоритмы в САПР MathCad, который в части встроенного в него языка программирования является крайне низкопроизводительным и обладает слабым функционалом.

5. Положительный отзыв от АО «СО ЕЭС», подписанный Сацуком Е.И., д.т.н., доцентом, начальником Службы внедрения противоаварийной и режимной автоматики АО «СО ЕЭС». Отзыв содержит следующие замечания:

- Автор ссылается на уже не действующий нормативный документ СТО 59012820.29.160.20.001-2012, взамен которого введен документ от 2019 года. При этом 13.02.2019 приказом № 98 Минэнерго России утверждены «Требования к системам возбуждения и автоматическим регуляторам возбуждения сильного действия синхронных генераторов», которые являются документом более высокого уровня, и их выполнение является обязательным для всех генерирующих компаний. Необходимо использовать более актуальные нормативные документы.

- В автореферате автор говорит о применимости методики выбора параметров настройки системных стабилизаторов к типу PSS2B. Применима ли методика для выбора параметров системного стабилизатора других типов, например, PSS1A, PSS2A, PSS4B, и почему данные типы системных стабилизаторов не рассмотрены в работе?

- Из автореферата неясно проводилось ли сравнение разработанной методики выбора параметров настройки с существующими методиками и в чем преимущество разработанной методики над аналогами.

6. Положительный отзыв от ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации», подписанный Герасимовым С.Е., к.т.н., доцентом, заведующим кафедрой «Диспетчерское управление электрическими станциями, сетями и системами». Отзыв содержит следующие замечания:

- В автореферате несколько раз упоминается «экстраполятор нулевого порядка», однако его передаточная функция в виде формулы не приведена.

- В формуле (4) автореферата приведен расчетный способ определения скорости вращения ротора. Можно понять, что в реальной практике скорость вращения ротора удобнее определять расчетным способом, чем для этого создавать физический измеритель. Однако в математической модели возможно измерение любого параметра и в модель АРВ можно подать измеренное значение скорости вращения ротора. Почему в работе рекомендуется воспроизводить работу расчетного способа? В автореферате и диссертации не дано таких пояснений.

- В работе на этапе подготовки математической модели энергосистемы к расчетам предлагаются рекомендации по загрузке контролируемых сечений до величин МДП исходя из того, чтобы приблизить режим работы к пределу по статической устойчивости. При этом известно, что большое количество контролируемых сечений, в особенности на классе напряжения 110 кВ, ограничивается по критерию длительно допустимого тока, а не требуемого запаса по статической устойчивости. В предлагаемых рекомендациях это не учтено.

7. Положительный отзыв от ООО «НПП Бреслер», подписанный Булычевым А.В., д.т.н., профессором, техническим директором. Отзыв содержит следующие замечания:

- При подготовке математической модели энергосистемы в части перечня рассматриваемых схем и режимов предлагается рассматривать схемы с одним отключенным элементом электрической сети («n-1») и двумя отключенными элементами электрической сети («n-2»). Зачем предлагается рассматривать схемы («n-1») при рассмотрении схем («n-2»), которые являются заведомо тяжелее?

- Для оценки качества стабилизации автор предлагает использовать контроль параметра частоты напряжения статора. Почему никак не контролируется параметр напряжения статора, ведь качество его поддержания

также важно, особенно при серьезных возмущениях в энергосистеме, когда возможно нарушение динамической устойчивости?

На все вопросы и замечания соискатель дал необходимые пояснения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их специальностью, трудами, выполненными по тематике диссертации, опубликованными работами и достижениями по специальности 05.14.02 - «Электрические станции и электроэнергетические системы».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика выбора параметров настройки системных стабилизаторов;

предложены подходы и рекомендации по подготовке математической модели энергосистемы для целей анализа ее колебательной устойчивости;

доказана перспективность использования разработанных методик, с помощью которых можно повысить качество демпфирования колебаний в ЕЭС России;

введен новый способ оценки качества разомкнутых систем автоматического управления на основе оценки ее фазочастотных характеристик.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны методические положения относительно способов выбора параметров настройки системных стабилизаторов зарубежного производства, вносящие вклад в расширение представлений о повышении колебательной устойчивости энергообъединений сложной структуры;

применительно к проблематике диссертации результативно, то есть, с получением обладающих новизной результатов, использованы основные положения теории автоматического управления и электроэнергетических систем;

изложен способ моделирования задержки, возникающей при обмене данными через буфер обмена между различными подпрограммами, с учетом различной организации процедуры записи/чтения применительно к АРВ;

раскрыты проблемы недостаточной эффективности существующих зарубежных методик выбора параметров настройки системных стабилизаторов в условиях работы ЕЭС России;

изучены факторы, влияющие на качество демпфирования колебаний в энергосистеме в зависимости от их физической природы.

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

разработанные в рамках диссертации методики и программные средства **внедрены** и используются в отделе электроэнергетических систем АО «НТЦ ЕЭС Противоаварийное управление» в процессе создания математических моделей АРВ в программных комплексах расчета переходных процессов Eurostag и Rustab, а также при выполнении работ по выбору параметров настройки АРВ зарубежного производства;

определены перспективы использования разработанных в диссертации методик на практике при анализе колебательной устойчивости энергосистем с использованием методов математического моделирования;

создана модель эффективного применения знаний и система практических рекомендаций, позволяющая подготовить перечень рассматриваемых схемно-режимных ситуаций в математической модели энергосистемы, необходимых для анализа ее колебательной устойчивости;

представлены предложения по совершенствованию методов анализа колебательной устойчивости энергообъединений сложной структуры.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном программном обеспечении, показана воспроизводимость результатов исследования в условиях математической и физической модели энергосистемы;

идея базируется на обобщении существующего передового опыта по вопросам выбора параметров настройки системных стабилизаторов зарубежного производства, а также на анализе практических результатов

применения данного опыта в условиях тестовой модели энергосистемы и в условиях реальной эксплуатации;

использованы научные труды отечественных и зарубежных авторов, данные научно-технических конференций и семинаров, отчеты отраслевых организаций и справочные материалы;

установлено что результаты диссертации согласуются с результатами, полученными на физической модели энергосистемы и цифровой модели энергосистемы, функционирующей в режиме реального времени (RTDS);

использованы современные методики сбора, анализа и обобщения информации, современные математические модели, методы численного моделирования в программных комплексах Eurostag, Rustab и MathCad.

Личный вклад соискателя состоит в:

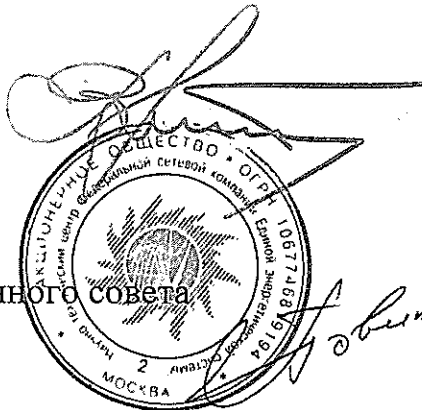
- постановке целей и задач исследования;
- обобщении информации о передовом опыте в области исследования;
- формулировании идеи, разработке концепции и представлении математического описания разработанных методик;
- постановке вычислительных экспериментов, составлении программы испытаний;
- обобщении экспериментальных данных;
- обобщении результатов исследования;
- доведении результатов исследования до внедрения в практику;
- непосредственном участии автора в подготовке публикаций по теме диссертации.

На заседании 19 апреля 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Гурикову Олегу Викторовичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – «Электрические станции и электроэнергетические системы».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.14.02 и 7 докторов наук по специальности 05.09.01,

участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 13, против - 0, недействительных бюллетеней - 1.

Заместитель председателя
диссертационного совета



В.Э. Воротницкий

Ученый секретарь диссертационного совета

Н.Л. Новиков

19 апреля 2021 года