

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.6
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 28.09.2023 № 8

О присуждении **Серикову Владимиру Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение качества электроэнергии активными фильтрокомпенсирующими устройствами в промышленных электротехнических комплексах с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками при резонансных режимах» по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы принята к защите 26.06.2023, протокол заседания № 5, диссертационным советом ГУ.6 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Горного университета о создании диссертационного совета от 06.02.2023 № 154 адм, с изм. от 31.08.2023 № 1193 адм.

Соискатель, **Сериков Владимир Александрович**, 02 октября 1994 года рождения, в 2019 году с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

В период подготовки диссертации с 2019 г. по настоящее время соискатель Сериков Владимир Александрович является аспирантом очной формы обучения кафедры электроэнергетики и электромеханики в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

С 1 сентября 2019 г. соискатель работает ассистентом II категории кафедры электроэнергетики и электромеханики в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре электроэнергетики и электромеханики в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – **Сычев Юрий Анатольевич**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», кафедра электроэнергетики и электромеханики, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Зацепина Виолетта Иосифовна, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Липецкий государственный технический университет», кафедра электрооборудования, профессор;

Шевырева Наталия Юрьевна, кандидат технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», кафедра теоретической электротехники и электрификации нефтяной и газовой промышленности, доцент;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»**, г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Цыруком Сергеем Александровичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой

электроснабжения промышленных предприятий и электротехнологий и Кулешовой Галиной Сергеевной, кандидатом технических наук, ассистентом той же кафедры, секретарем заседания и утвержденным Драгуновым Виктором Карповичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе, указала, что результаты диссертационного исследования представляют научную ценность как теоретическая основа анализа сложных несинусоидальных режимов в промышленных системах электроснабжения с нелинейной, линейной нагрузками и конденсаторными установками, а также выявленное свойство активно-емкостного пассивного фильтра, установленного на выходе параллельного активного фильтра, влиять на характер сдвига резонансных частот для обеспечения качества электрической энергии.

Соискателем опубликовано 11 работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ, в том числе в 4 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, далее – Перечень ВАК, в 2 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования *Scopus*. Получен 1 патент.

Общий объем – 10,44 печатных листов, в том числе 5,04 печатных листов - соискателя.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук:

1. Костин, В.Н. Компьютерное моделирование режимов работы систем электроснабжения с нелинейной нагрузкой // Костин В.Н., Сериков В.А. // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. - 2019. - Т.25. - № 1. - С.19-29, doi: 10.18721/JEST.25102. № 1394 Перечня ред. 30.11.2018.

Соискателем определены мощности конденсаторных установок, при которых возникают резонансные режимы на канонических гармониках в промышленных системах электроснабжения.

2. Костин, В.Н. Моделирование несинусоидальных режимов работы систем электроснабжения // Костин В.Н., Кривенко А.В., Сериков В.А. // Известия тульского государственного университета. Технические науки. - 2019. - № 7. - С.394-405. № 1027 Перечня ред. 18.07.2019.

Соискателем построены зависимости токовой перегрузки конденсаторов от их мощности, по которым можно определить недопустимые области работы конденсаторных установок.

3. Сычев, Ю.А. К вопросу о способе определения коэффициента мощности при несинусоидальных режимах / Сычев Ю.А., Ковальчук М.С., Кривенко А.В., Сериков В.А.// Известия тульского государственного университета. Технические науки. - 2021. -№5. -С. 473-482. № 1108 Перечня ред. 21.04.2021.

Соискателем описана методология исследования, сформулированы цели, задачи исследования.

4. Костин, В.Н. Влияние высших гармоник на качество напряжения и на работу конденсаторных батарей в системах электроснабжения с нелинейной нагрузкой// Костин В.Н., Кривенко А.В., Сериков В.А. //Известия тульского государственного университета. Технические науки. 2020. №5.С. 431-441. ВАК №1059, ред. 24.03.2020.

Соискателем создана физическая модель промышленной системы электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками для оценки показателей качества электроэнергии в резонансных режимах.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus:

5. Sychev, Yu.A. Nonsinusoidal modes in power-supply systems with nonlinear loads and capacitors in mining / Sychev Yu.A., Kostin V.N., Serikov V.A., Aladin M.E. // Mining Informational and Analytical Bulletin. –

2022. – № 1. – Р. 159–179.

Сычев Ю.А. Анализ несинусоидальных режимов в системах электроснабжения горных предприятий с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками / Сычев Ю.А., Костин В.Н., Сериков В.А., Аладьин М.Е. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. - № 1. – С. 159-179.

Соискателем разработан обобщенный алгоритм анализа и моделирования несинусоидальных режимов для обоснованного выбора технического средства или решения по повышению качества электроэнергии.

6. Sychev, Y.A. Developing a hybrid filter structure and a control algorithm for hybrid power supply / Sychev Y.A., Aladin M.E., Serikov V.A. // International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS) - 2022. - Volume 13. - Issue 3. – pp 1625-1634. DOI: 10.11591/ijpeds.v13.i3.pp1625-1634.

Сычев Ю.А. Разработка структуры гибридного фильтра и алгоритма управления гибридным источником электроэнергии / Сычев Ю.А., Аладьин М.Е., Сериков В.А. // Международный журнал силовой электроники и приводных систем. – 2022. – Т. 13. - № 3. – С. 1625-1634.

Соискателем выполнено имитационное моделирование режимов работы параллельного активного фильтра в промышленной системе электроснабжения при резонансных режимах.

Публикации в прочих изданиях:

7. Kostin V.N. Research of power supply system modes with nonlinear and linear loads connected to different winding of the transformer / Kostin V.N., Serikov V.A., Ivanova T.S. // Proceedings of the 3rd 2021 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE. - 2021. № paper 9387988. DOI: 10.1109/REEPE51337.2021.9387988.

Костин В.Н. Исследование режимов системы электроснабжения с нелинейными и линейными нагрузками, подключенными к различным обмоткам трансформатора / Костин В.Н., Сериков В.А., Иванова Т.С. //

Материалы 3-й Международной молодёжной конференции по радиоэлектронике, электротехнике и энергетике 2021 года. – 2021. № статьи 9387988.

Соискателем проведено сравнение результатов имитационного и физического моделирования.

8. Kostin V.N. Higher harmonics and limiting thereof in power supply systems of different voltages / Kostin V.N., Serikov V.A., Sherstennikova I.A. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2019. - Volume 378, Issue 1. № paper 012051. DOI: 10.1088/1755-1315/378/1/012051.

Костин В.Н. Высшие гармоники и их ограничение в системах электроснабжения различного напряжения / Костин В.Н., Сериков В.А., Шерстенникова И.А. // Серия конференций *IOP*: Науки о Земле и окружающей среде. – 2019. – Т. 378. - № 1. - № статьи 012051.

Соискателем выявлены зависимости коэффициентов несинусоидальности напряжения от мощности конденсаторных установок, по которым можно определить, при каких значениях мощностей конденсаторов не обеспечиваются нормируемые показатели качества электроэнергии.

9. Kostin V.N. Modeling of operation modes of electrical supply systems with non-linear load / V.N. Kostin, A.V. Krivenko, V.A. Serikov // Scientific and Practical Studies of Raw Material Issues. - 2020. - PP. 263-271. DOI: 10.1201/978100301722.

Костин В.Н. Моделирование режимов работы систем электроснабжения с нелинейной нагрузкой / Костин В.Н., Кривенко А.В., Сериков В.А. // Научно-практические исследования проблем минерально-сырьевого комплекса. – 2020. – С. 263-271.

Соискателем созданы имитационные модели электротехнических комплексов промышленных систем электроснабжения, позволяющие выявить зависимости и закономерности, связанные с вариацией амплитуд высших гармоник тока нелинейной нагрузки, уровня искажения напряжения

и коэффициента их перегрузки высшими гармониками тока при резонансе.

10. Актуальные аспекты электроснабжения. Методические указания к лабораторным работам для студентов магистратуры направления 13.04.02 / Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет. Сост. Костин В.Н., Сериков В.А., СПб, 2020. - 37 с.

Соискателем составлены имитационные модели промышленных систем электроснабжения и даны рекомендации по выполнению на их основе лабораторных работ.

11. Актуальные аспекты электроснабжения. Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. Костин В.Н., Сериков В.А., СПб, 2021 – 35 с.

Соискателем даны рекомендации по расчету параметров системы электроснабжения, выбора электрооборудования в ней и даны рекомендации по выполнению курсовой работы.

Патенты:

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021619131 Российская Федерация. Программа оценки коэффициентов несинусоидальности напряжения и токовой перегрузки конденсаторов для режимов работы систем электроснабжения 10/0,4 кВ с нелинейной нагрузкой: заявл. 31.05.2021: опубл. 04.06.2021 / Сериков В.А., Гуревич И.А.; заявитель СПбГУ.

Соискателем разработан алгоритм оценки коэффициентов несинусоидальности напряжения и токовой перегрузки конденсаторов для режимов работы систем электроснабжения 10/0,4 кВ с нелинейной нагрузкой.

Апробация работы проведена на научно-практических мероприятиях с докладами:

- III Международная молодежная конференция 2021 года по радиоэлектронике, электротехнике и энергетике REEPE 2021 (11-13 марта 2021, Москва), тема доклада: «Анализ несинусоидальных режимов в

системах электроснабжения горных предприятий»;

- Международный научный симпозиум «Неделя Горняка-2023» (февраль 2023, Москва), тема доклада: «*Research of power supply system modes with nonlinear and linear loads connected to different winding of the transformer*».

В диссертации Серикова Владимира Александровича отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: профессора кафедры электротехники и электрооборудования судов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», д.т.н., профессора **Б.Ф. Дмитриева**; профессора кафедры энергетики и энергоэффективности горной промышленности ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» д.т.н., профессора **А.В. Ляхомского**; ведущего инженера проектировщика ЭЛ, ООО «ПБ-Р1», к.т.н. **В.А. Соловьева**; профессора Политехнической школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», д.т.н. **В.З. Манусова**; заведующего кафедрой «Электроснабжение и электротехника» ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», д.т.н., профессора **В.В. Вахниной**; профессора кафедры «Электромеханика» ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», д.т.н., профессора **Ф.Р. Исмагилова** и доцента той же кафедры к.т.н. **Д.Р. Фаррахова**; управляющего проектами ООО «НПК Промир», д.т.н., доцента **В.М. Пупина**; руководителя НОЦ «Энергоэффективные двигатели двойного питания», профессора кафедры электроники и нанoeлектроники ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», д.т.н., профессора **И.В. Гуляева**; ведущий эксперт АО «Силовые машины», д.т.н. **М.В. Пронина**; доцента факультета систем управления и робототехники ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», к.т.н.

Н.А. Полякова, проректора по образовательной деятельности ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», д.т.н., профессора **А.Б. Петроченкова**; главного специалиста отдела инспекций и приемки ООО «Арктик СПГ-2», к.т.н. **В.Е. Полякова**.

В отзывах дана положительная оценка диссертационного исследования, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, логическое построение работы с использованием актуальной научной и статистической информации, однако отмечены ряд замечаний:

1. Целесообразно пояснить, почему в процессе исследования не оценивалось влияние параллельного активного фильтра на коэффициент мощности (д.т.н. **Б.Ф. Дмитриев**).
2. При оценке эффективности обеспечения качества электрической энергии предложенными техническими решениями рассматривалось изменение суммарного коэффициента гармонических составляющих тока, которые не нормируются отечественным ГОСТ 32144-2013. На какие нормы опирался автор при оценке степени измерения суммарного коэффициента гармонических составляющих тока (д.т.н. **Б.Ф. Дмитриев**)?
3. Следует пояснить, почему в диссертационном исследовании не учитывалось искажение напряжения со стороны питающей сети (д.т.н. **А.В. Ляхомский**).
4. Целесообразно уточнить, по каким критериям сопоставлялись результаты компьютерного и физического моделирования (д.т.н. **А.В. Ляхомский**).
5. ГОСТ 32144-2013 нормирует как суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения, так и коэффициенты гармонических составляющих напряжения. Оценивались ли коэффициенты гармонических составляющих напряжения при имитационном моделировании режимов работы систем электроснабжения (к.т.н. **В.А. Соловьев**)?

6. В автореферате на рисунках 5-7 приводятся зависимости коэффициентов токовой перегрузки конденсаторов и искажения напряжения от мощности конденсаторных установок для рассматриваемых типовых систем электроснабжения для одной мощности питающего трансформатора. Будут ли справедливы полученные результаты для других основных мощностей питающих трансформаторов из типового ряда (к.т.н. **В.А. Соловьев**)?

7. На стр. 13 автореферата автор «для повышения эффективности работы АФ» предлагает дополнительное включение пассивного RC-фильтра, настроенного на определенную ВГ. При этом автор приводит величину изменения коэффициента суммарных гармонических искажений THD. Для полноты картины автору следовало бы еще привести результат изменения коэффициента n-ной гармонической составляющей, на которую настраивается пассивный фильтр (д.т.н. **В.З. Манусов**).

8. Оценка эффективности применения технических средств и решений компенсации высших гармоник тока и напряжения производится по имитационной модели типовой промышленной системы электроснабжения с заданными параметрами. Будут ли справедливы полученные результаты имитационного моделирования для магистральных схем, которые широко применяются на промышленных предприятиях (д.т.н. **В.В. Вахнина**)?

9. В исследовании показано, что при резонансных режимах сети усиливаются искажения напряжения сети и токовая перегрузка конденсаторных установок. Известно, что антирезонансные дроссели, соединенные последовательно с конденсаторами позволяют избежать резонансных явлений на канонических гармониках, и тем самым, устранить негативные эффекты, возникающие из-за них. Почему для обеспечения нормируемых показателей качества электроэнергии не предлагается применение данного технического решения (д.т.н. **В.В. Вахнина**)?

10. В качестве замечания необходимо отметить, что в работе не рассматривается влияние структуры и алгоритма управления АФКУ на

исследуемые процессы. Кроме того, в качестве варьируемой величины выступает только относительная мощность конденсаторной установки, но не рассматривается влияние соотношения мощностей линейной и нелинейной нагрузки (д.т.н. **Ф.Р. Исмагилов** и к.т.н. **Д.Р. Фаррахов**).

11. В работе приведены 3 типовые схемы электроснабжения, характерные для промышленных предприятий. Однако, эффективность работы фильтрокомпенсирующих устройств при несинусоидальном режиме и резонансных явлениях оценивается только для схемы рисунка 4б на странице 13 автореферата. Почему не оценивалась работа фильтров гармоник в условиях резонансных режимов для схем 4а и 4в (д.т.н. **В.М. Пупин**)?

12. На рисунке 15 на странице 16 автореферата приведены зависимости изменения коэффициента искажения напряжения, поясняющие негативных эффект, возникающий в результате работы пассивных активно-емкостных фильтров. В работе оценивались не только суммарный коэффициент гармонических искажений напряжения, но и тока. Почему тогда не были показаны аналогичные зависимости, отражающие изменения суммарного коэффициента гармонического искажений тока сети (д.т.н. **В.М. Пупин**)?

13. В работе полностью отсутствует перечень используемых условных обозначений, индексов и сокращений, что затрудняет чтение и изучение самой работы. Значение аббревиатур СЭС (наверное, силовые энергетические системы) и КУ (наверное, компенсирующие устройства) и др. нигде не представлены (д.т.н. **И.В. Гуляев**).

14. В автореферате не представлены примеры схемотехнических решений для схем измерения параметров силовых энергетических систем (д.т.н. **И.В. Гуляев**).

15. Нет оценки экономической эффективности (д.т.н. **И.В. Гуляев**).

16. В тексте автореферата имеется ряд неточных формулировок, допущены стилистические ошибки (д.т.н. **И.В. Гуляев**).

17. На рис.1 автореферата представлена схема, в которой трехфазный источник электроэнергии питает диодный выпрямитель и конденсаторную батарею. В схеме есть электрические контуры, в которых есть диоды и напряжения емкостей, а сопротивлений нет. Как определяются токи в этих контурах (д.т.н. **М.В. Пронин**)?

18. Предложенный анализ систем с выпрямителями в нагрузке применим ли к другим системам, например, содержащим преобразователи частоты с непосредственной связью (д.т.н. **М.В. Пронин**)?

19. На страницах 17-19 диссертации приведены данные стандарта IEEE Std 519-2014, а также ряд китайских стандартов показателей качества электроэнергии. Однако, эти стандарты не полностью описывают действующие в Российской Федерации государственные стандарты, регламентирующие эмиссию гармонических составляющих тока и напряжения. В работе присутствуют данные спектрального анализа токов, однако из представленных данных неясно, выполнялась ли проверка полученных и исходных гармонических составляющих на соответствие ГОСТам (например, ГОСТ Р 51317.3.4.-2006, ГОСТ IEC/TS 61000-3-5-2013, ГОСТ IEC/TS 61000-3-14-2019, ГОСТ IEC 61000-3-2-2021 или ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020). В связи с этим, требуется уточнить, каковы критерии максимальной эффективности компенсации высших гармоник применительно к алгоритму (Рис. 16), используется ли в этом алгоритме анализ гармонических составляющих по указанным действующим ГОСТам, если нет, то почему, и какие из этих показателей рассматривались и оценивались при имитационном моделировании резонансных режимов (к.т.н. **Н.А. Поляков**)?

20. На странице 11 автореферата приведена формула (1), по которой определены относительные мощности конденсаторных установок, при которых возникают резонансные явления для низковольтной типовой схемы электроснабжения. Однако, не показаны формулы, по которым можно определить относительные мощности конденсаторов для остальных

рассматриваемых типовых схем электроснабжения, приведенные на рисунке 4 на странице 13 автореферата (к.т.н. **Н.А. Поляков**).

21. В связи с замечанием п. 2, для рассматриваемых типовых схем электроснабжения 110/10 кВ с расщепленной и нерасщепленной вторичной обмоткой понижающего трансформатора, целесообразно пояснить относительные мощности конденсаторов, при которых будут возникать резонансные режимы на частотах канонических гармоник (к.т.н. **Н.А. Поляков**).

22. На странице 15 автореферата указано, что имитационная модель активного фильтра изображена на Рисунке 12, и что «в качестве алгоритма управления АФ принят метод преобразований Парка-Кларк». Поскольку метод преобразований Парка-Кларк не содержит регуляторов с обратными связями, означает ли это, что автор анализирует работу указанной модели с разомкнутым контуром тока (к.т.н. **Н.А. Поляков**)?

23. Следует пояснить, почему в диссертационной работе при имитационном моделировании не оценивались величины дополнительных потерь активной мощности в элементах системы электроснабжения, при том, что в первой главе исследования проведен анализ негативного влияния высших гармоник на работу электрооборудования систем электроснабжения, включая дополнительные потери в конденсаторных установках, силовых трансформаторах, кабельных линиях, ложное срабатывание релейной защиты и электросетевой автоматики (д.т.н. **А.Б. Петроченков**).

24. Целесообразно пояснить, почему в технико-экономическом обосновании применения активно-емкостного фильтра на выходе параллельного активного фильтра не учитываются дополнительные затраты на потери активной мощности в сети, возникающие в результате работы пассивного фильтра (д.т.н. **А.Б. Петроченков**).

25. При доказательстве первого научного положения была создана имитационная модель, которая отличается от модели промышленной системы электроснабжения, на основе которой анализируется эффективность

работы активных фильтрокомпенсирующих устройств в условиях резонанса. Объясните, с какой целью была создана дополнительная компьютерная модель (к.т.н. **В.Е. Поляков**)?

26. Для повышения эффективности компенсации высших гармоник активными фильтрокомпенсирующими устройствами предлагается на их выходе подключать активно-емкостные пассивные фильтры. Однако, в диссертации приводится и другая конфигурация пассивного фильтра, состоящего из последовательного соединения индуктивности и емкости. Почему в исследовании не моделируется работа этой конфигурации фильтра (к.т.н. **В.Е. Поляков**)?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетентностью в области диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан алгоритм выбора параметров активно-емкостного фильтра на выходе параллельного активного фильтра при резонансных режимах в промышленных системах электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками, который в качестве технических предложений и рекомендаций может быть принят к внедрению для реализации методик расчета и моделирования несинусоидальных режимов работы систем электроснабжения;

предложен выбор параметров активно-емкостного фильтра, устанавливаемого на выходе активного фильтра, исходя из характера смещения резонансных частот, а также степени изменения частотного диапазона резонанса в соответствии с амплитудно-частотной характеристикой системы электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторной установкой;

доказана недостаточная эффективность использования параллельного активного фильтра для компенсации высших гармоник тока и напряжения, и необходимость включения на его выходе активно-емкостного пассивного

фильтра при наличии резонансных режимов в системе электроснабжения, создаваемых конденсаторной установкой и питающим трансформатором; **введен** новый алгоритм анализа и моделирования несинусоидальных режимов для обоснованного выбора технического средства или решения по повышению качества электроэнергии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны:

- необходимость учета ограниченной мощности высших гармоник, обусловленных внутренним сопротивлением источника, величина которого зависит от мощности нелинейной нагрузки и сопротивления питающего трансформатора, при моделировании сложных несинусоидальных режимов с резонансными явлениями по однофазным моделям;

- ограничения, касающиеся моделирования источников высших гармоник тока нелинейной нагрузки конечной мощности, допущения при выборе параметров схем замещения при моделировании и анализе сложных несинусоидальных режимов в типовых схемах промышленных систем электроснабжения для обоснованного выбора технического средства или решения для повышения качества электроэнергии;

применительно к проблематике диссертации результативно **использованы** методы фазовых преобразований, теории преобразовательной техники, имитационного и физического моделирования и анализа электромагнитных процессов в электротехнических комплексах и системах, анализа амплитудно-частотных характеристик при резонансных режимах;

изложены научные положения, раскрывающие принципы, отражающие характер и условия возникновения резонансов и перегрузки конденсаторов токами высших гармоник, ограничения и допущения, связанные с моделированием и анализом сложных несинусоидальных режимов, а также применения активных фильтрокомпенсирующих устройств, на выходе которых подключены пассивные активно-емкостные фильтры для повышения качества электроэнергии в промышленных системах

электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками при резонансных режимах;

раскрыты существенные проявления теории возникновения и протекания резонансных явлений, а также выбора активных фильтрокомпенсирующих устройств, на выходе которых подключены пассивные активно-емкостные фильтры, в электротехнических комплексах промышленных систем электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками;

изучены факторы, влияющие на характер возникновения и протекания резонансных явлений и эффективность компенсации высших гармоник тока и напряжения активным фильтрокомпенсирующим устройством, на выходе которого подключен пассивный активно-емкостный фильтр, в электротехнических комплексах промышленных систем электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками;

проведена модернизация:

- существующих однофазных схем замещения промышленных систем электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками в части учета конечной величины мощности источника высших гармоник;
- существующих компьютерных имитационных моделей активных фильтрокомпенсирующих устройств, на выходе которых подключены пассивные активно-емкостные фильтры в электротехнических комплексах промышленных систем электроснабжения, позволяющие выявить влияние параметров пассивного фильтра на эффективность компенсации высших гармоник тока и напряжения при резонансных режимах.

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

разработан и внедрен алгоритм выбора параметров активно-емкостного фильтра на выходе параллельного активного фильтра при резонансных режимах в промышленных системах электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками, который в качестве технических предложений и рекомендаций принят к внедрению в ООО «ЭИС» и ООО «ГЦЭ-энерго» для

реализации методик расчета и моделирования несинусоидальных режимов работы систем электроснабжения, о чем имеются соответствующие акты;

определены перспективные направления развития темы диссертационного исследования в части разработки рекомендаций применения различных конфигураций фильтрокомпенсирующих устройств в промышленных системах электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками компенсации реактивной мощности в резонансных режимах при планировании, организации и реализации мероприятий по повышению качества электрической энергии;

создана система теоретических и практических рекомендаций по моделированию сложных несинусоидальных режимов с резонансными явлениями в промышленных электротехнических комплексах с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками, а также по выбору параметров активно-емкостного фильтра на выходе параллельного активного фильтра при таких условиях;

представлены рекомендации к внедрению результатов исследования в учебный процесс и в качестве технических предложений и рекомендаций методик расчета и моделирования несинусоидальных режимов работы систем электроснабжения в ООО «ЭИС» и ООО «ГЦЭ-энерго»;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ исследования выполнялись с использованием имитационного моделирования электротехнических комплексов в программных средах *Multisim* и *Simulink*, а также с использованием результатов, полученных на физической модели в лабораторных условиях;

теория построена на известных закономерностях и зависимостях, проверяемых данных и фактах, а также согласуется с ранее опубликованными результатами аналогичных исследований по теме диссертации;

идея базируется на анализе особенностей применения активных фильтрокомпенсирующих устройств в системах электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками при наличии резонансных явлений;

использованы сравнение авторских данных с известными данными, полученными ранее по рассматриваемой тематике в системах электроснабжения промышленных предприятий, на примере обогатительных фабрик и хвостовых хозяйств;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в трудах отечественных и зарубежных ученых по тематике диссертационного исследования;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, полученной в результате теоретического анализа режимов работы систем электроснабжения промышленных предприятий с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели, задач диссертационного исследования, защищаемых научных положений и в непосредственном участии во всех этапах исследования в рамках поставленных целей и задач. Соискателем ученой степени: созданы имитационные модели электротехнических комплексов промышленных систем электроснабжения, позволяющие выявить зависимости и закономерности, связанные с вариацией амплитуд высших гармоник тока нелинейной нагрузки, уровня искажения напряжения при изменении мощности конденсаторных установок и коэффициента их перегрузки высшими гармониками тока при резонансе; создана физическая модель промышленной системы электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторной установкой; выполнено математическое и имитационное моделирование режимов работы параллельного активного фильтра в промышленной системе электроснабжения с нелинейной, линейной нагрузками и конденсаторными установками при резонансных режимах;

разработан алгоритм выбора структуры и основных параметров параллельного активного фильтра для условий несинусоидальных режимов промышленных систем электроснабжения с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками.

На заседании 28 сентября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить **Серикову Владимиру Александровичу** ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи повышения качества электроэнергии в промышленных электротехнических комплексах с нелинейной нагрузкой и конденсаторными установками при резонансных режимах.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук (по научной специальности, рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета проголосовали: за - 15, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета



Шпенст
Вадим Анатольевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

Устинов
Денис Анатольевич

28.09.2023 г.