УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»
д.ф.-м.н., профессор

_____ А.А. Куркин

«27» октября 2026 г.

О Т З Ы В

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» на диссертацию **Скамьина Александра Николаевича** на тему «Развитие методов оценки и нормализации несинусоидальности тока и напряжения в системах электроснабжения предприятий с учетом долевых вкладов источников искажений», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

На отзыв представлены диссертация и автореферат. Диссертация состоит из введения, 5 глав с выводами по каждой из них, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка терминов, списка литературы, включающего 292 наименования и 11 приложений. Работа представлена на 315 стр. машинописного текста. Автореферат диссертации изложен на 40 стр., включая список основных публикаций по теме исследования, а также 2 страницы двухсторонних вклеек

1. Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа посвящена решению проблемы повышения качества электрической энергии (КЭ), которая является актуальной в связи с интенсивным распространением полупроводниковых преобразователей в составе нагрузки и источников электроэнергии на разных уровнях напряжения и в различных узловых точках системы электроснабжения (СЭС) предприятий, что приводит к взаимному и разнонаправленному изменению

ОТЗЫВ
ВХ.№ 9-679 от 10.11.2026
АУ УС

уровней высших гармоник (ВГ) в токе и напряжении. Гармонические искажения приводят к увеличению потерь электроэнергии, перегреву линий электропередачи и трансформаторов, ложному срабатыванию устройств релейной защиты и преждевременному выходу из строя электрооборудования.

Указанная проблема становится все более актуальной в условиях интенсивного внедрения возобновляемых источников электроэнергии, мощность которых в последние годы значительно выросла и составляет около половины мировой установленной мощности электроэнергетики. Отмечается тенденция роста мощности таких устройств и в составе электротехнических комплексов (ЭТК) промышленных предприятий. При наличии распределенных источников искажений значительно усложняется расчет и оценка несинусоидальных режимов СЭС предприятий, а также выбор параметров и мест подключения фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ) без определения долевых вкладов источников искажений. В рамках утвержденной Энергетической стратегии РФ до 2050 г. повышение качества электроснабжения потребителей является одной из основных задач, при решении которой необходимо совершенствование мотивации к соблюдению параметров качества и надежности электроснабжения потребителей, что напрямую связано с определением долевых вкладов источников искажений и взаимосвязанным выбором параметров ФКУ. Поэтому актуальность темы диссертации, связанной с совершенствованием существующих подходов, методов оценки и нормализации несинусоидальности тока и напряжения с учетом долевых вкладов распределенных источников искажений, не вызывает сомнений.

2. Научная новизна результатов диссертации

Научная новизна результатов диссертационного исследования определяется наиболее значимыми достижениями:

– выявлены аналитические зависимости ВГ тока источника нехарактерных искажений от мощности короткого замыкания сети, мощности линейной нагрузки и порядка генерируемых гармоник, позволяющие определять мощность устройства для определения гармонического сопротивления сети;

– разработан метод оценки несинусоидальности тока и напряжения в сетях 0,4-10 кВ, позволяющий проводить раздельную оценку влияния распределенных источников искажений;

– разработан обобщенный метод определения долевых вкладов источников искажений, позволяющий проводить выбор узла нагрузки с наибольшим алгебраическим вкладом и оценку взаимосвязанных уровней снижения ВГ тока и напряжения по геометрическим долевым вкладам;

– установлены зависимости ВГ тока пассивного фильтра шунтирующего типа от долевых вкладов источников искажений, мощности короткого замыкания и параметров ФКУ, позволяющие учесть гармонические составляющие тока внешних источников искажений при расчете перегрузки ФКУ и выборе их параметров;

– установлены зависимости остаточных значений ВГ тока и напряжения в узле нагрузки от параметров питающей сети и долевых вкладов источников искажений, позволяющие проводить выбор параметров параллельного активного фильтра при компенсации ВГ тока и напряжения;

– предложен новый метод выбора средств компенсации ВГ, учитывающий алгебраические долевые вклады источников искажений для выбора мест подключения и геометрические долевые вклады для выбора параметров ФКУ;

– предложена новая методология оценки и нормализации несинусоидальности тока и напряжения, которая основана на комплексном применении методов оценки ВГ тока и напряжения с учетом остаточных значений ВГ тока и напряжения, методов определения долевых вкладов источников искажений и взаимосвязанного выбора параметров и мест подключения ФКУ, позволяющая нормализовать нормализовать уровни ВГ и повысить энергоэффективность ЭТК предприятий с распределенными источниками искажений.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием общепризнанных теорий, методов и подходов, адекватных математических моделей рассматриваемых элементов ЭТК, результатами теоретических, лабораторных и промышленных исследований, сходимостью выводов и результатов расчетов с экспериментальными данными, полученными с использованием сертифицированного и поверенного оборудования.

4. Научные результаты, их ценность

Научные результаты диссертационного исследования и их ценность заключаются в:

– разработке алгоритма оценки гармонического сопротивления сети, позволяющего проводить расчет сопротивления системы на частотах ВГ при наличии внешних нелинейных нагрузок;

– разработке метода оценки несинусоидальности тока и напряжения в сетях 0,4-10 кВ на основе измеренных ВГ в узле нагрузки, который позволяет проводить раздельную оценку влияния распределенных источников искажений путем определения остаточных значений ВГ тока и напряжения;

– разработке обобщенного метода определения долевых вкладов, позволяющего проводить выбор узла нагрузки с наибольшим алгебраическим долевым вкладом и оценку взаимосвязанных уровней снижения ВГ тока и напряжения при подключении ФКУ на основе геометрических вкладов;

– разработке метода определения долевых вкладов источников искажений на основе применения пассивных и активных ФКУ, позволяющего определять вклады источников искажениий при скомпенсированных значениях ВГ тока и напряжения на этапе эксплуатации ФКУ;

– установлении аналитических зависимостей ВГ тока пассивного фильтра от долевых вкладов источников искажений, мощности короткого замыкания и параметров ФКУ, позволяющих проводить расчет перегрузки фильтра с учетом гармоник тока от внешних источников искажений;

– установлении зависимостей остаточных значений ВГ тока и напряжения потребителя от параметров питающей сети и геометрических долевых вкладов, позволяющих проводить выбор параметров параллельного активного фильтра при компенсации ВГ тока и напряжения;

– разработке метода выбора средств компенсации ВГ и их параметров, учитывающего алгебраические вклады для выбора места подключения ФКУ и геометрические вклады для выбора степени компенсации ВГ и номинального тока ФКУ, что позволяет нормализовать несинусоидальность тока и напряжения, определяемую распределенными источниками искажений без перегрузок ФКУ и с минимальными затратами;

– разработке методологии оценки и нормализации несинусоидальности тока и напряжения, основанной на комплексном применении методов оценки ВГ тока и напряжения с учетом остаточных значений ВГ тока и напряжения,

методов определения долевых вкладов источников искажений и взаимосвязанного выбора параметров и мест подключения ФКУ. Выполнена оценка эффективности применения разработанной методологии на примере СЭС нефтегазоконденсатного месторождения. На основе определения остаточных уровней ВГ тока и напряжения с учетом ДВ источников искажений были выбраны параметры ФКУ и места их подключения в требуемых узлах нагрузки, что позволило нормализовать уровни ВГ тока и напряжения. При этом капитальные затраты на установку ФКУ в 1,8 раза ниже по сравнению с традиционным решением. Суммарный экономический эффект составил 25,2 млн руб. в год, что подтверждает экономическую эффективность разработанных решений.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Результаты диссертационного исследования Скамьина А.Н. имеют научную ценность и практическую значимость. Результаты работы являются развитием теории и методов оценки и анализа несинусоидальных режимов работы СЭС предприятий, создают методическую основу для совершенствования методов выбора параметров ФКУ и нормализации уровней ВГ при наличии распределенных источников искажений.

Практическая значимость работы заключается в разработке:

– способа оценки гармонического сопротивления сети на основе генерации четных ВГ, основанный на применении тиристорного регулятора мощности;

– способа определения долевых вкладов источников искажений на основе применения пассивного фильтра шунтирующего типа и активного фильтра параллельного типа, которые позволяют проводить оценку вкладов при скомпенсированных значениях ВГ тока и напряжения;

– разработке методики выбора параметров пассивного фильтра шунтирующего типа и активного фильтра параллельного подключения в зависимости от долевых вкладов источников искажений;

– разработке практических рекомендаций по выбору параметров ФКУ в зависимости от долевых вкладов источников искажений, а также мест их подключения в СЭС нефтегазоконденсатного месторождения в требуемых узлах нагрузки, что позволило нормализовать уровни ВГ тока и напряжения при наличии распределенных источников искажений.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы учеными для развития теории и методов анализа несинусоидальных режимов работы СЭС предприятий и вопросов, связанных с нормализацией уровней ВГ с учетом взаимного влияния друг на друга источников искажений по току и по напряжению.

Вместе с этим, результаты и выводы диссертации могут быть рекомендованы к использованию при оценке и анализе измеренных показателей КЭ, при разработке проектов по обеспечению электромагнитной совместимости работы оборудования производственных объектов, имеющих в своем составе частотные электроприводы, при выборе параметров и мест подключения ФКУ в СЭС промышленных предприятий, включающих разветвленные электрические сети и высокую долю подключенной нелинейной нагрузки в разных точках сети.

7. Замечания и вопросы по диссертации

1. В работе часто упоминаются термины и словосочетания «сопротивление энергосистемы», «сопротивление сети», «сопротивление системы». Однако из работы неясно, имеют ли они одно и тоже значение? Следовало бы уточнить эти термины и указать в чем разница между ними.

2. В разделе 2.1 представлено экспериментальное определение параметров асинхронного двигателя на частотах ВГ. При этом показано определение лишь индуктивного сопротивления на частотах ВГ. из всех протоколов и т.д. Как учитывается активное сопротивление на частотах ВГ? Какова погрешность оценки сопротивления предложенным методом?

3. На стр. 73 указано, что «В случае недостаточно точной настройки параметров фильтра» гармоническая составляющая тока через фильтр снижается. Однако остается неясным, что понимается под такой настройкой. Следовало бы представить численные характеристики параметров при расстройке фильтра.

4. На стр. 82 приведено выражение коэффициента загрузки трансформатора линейной двигательной нагрузкой $S_Д$. При этом неясно, как определяются параметры такой двигательной нагрузкой. Учитывается ли суммарная мощность всех параллельно подключенных двигателей? Или необходимо применять коэффициент одновременности работы двигателей?

5. В работе представлен обобщенный метод определения долевых вкладов источников искажений. Рассмотрены различные случаи его

применения. Однако не в полной мере раскрыты вопросы, связанные с его применением при резонансных явлениях в сети. Какая при этом будет погрешность оценки долевых вкладов присоединений?

6. В тексте диссертации часто упоминается термин «распределенные источники искажений». Что понимается под этим термином? Какие критерии и их численные показатели позволяют отнести электроприемники к такого рода источникам искажений?

7. На рис. 4.17 представлена схема замещения, в которой параллельный активный фильтр представлен идеальным источником тока. В реальных условиях любой активный фильтр имеет внутреннее сопротивление. Как это влияет на полученные результаты?

Заключение

Диссертационная работа Скамьина А.Н. на тему «Развитие методов оценки и нормализации несинусоидальности тока и напряжения в системах электроснабжения предприятий с учетом долевых вкладов источников искажений» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной проблемы, направленное на повышение качества электроэнергии и энергоэффективности электротехнических комплексов предприятий с распределенными источниками искажений путем нормализации уровней гармоник с учетом долевых вкладов в напряжении и токе, что имеет важное хозяйственное значение для развития страны.

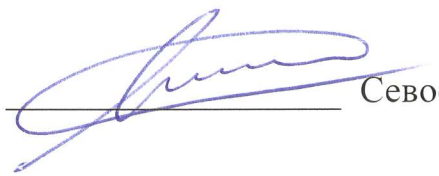
Диссертация выполнена автором на высоком научном уровне. Цель и задачи исследования соответствуют уровню диссертации на соискание степени доктора наук. Полученные результаты достоверны и обоснованны. Приведенные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации.

Представленная на отзыв диссертация соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а её автор **Скамьин Александр Николаевич** заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации Скамьина А.Н. рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева». Отзыв составлен по результатам обсуждения диссертации.

Присутствовали на заседании 19 человек. В голосовании приняло участие 19 человек. Результаты голосования: «за» - 19 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет. Протокол № 3 от «21» октября 2026 г.

Заведующий кафедрой «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», доктор технических наук, доцент



_____ Севостьянов Александр Александрович

Секретарь заседания
Профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», доктор технических наук, доцент



_____ Шарыгин Михаил Валерьевич

«27» октября 2026 г.

Сведения о ведущей организации:

Полное наименование на русском языке: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева».
Почтовый (фактический) адрес: 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.
Официальный сайт в сети Интернет: www.nntu.ru.
E-mail: nntu@nntu.ru.
Контактный телефон: +7 (831) 436 23 25, факс: +7 (831) 436-94-75.