ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук **Осипова Дмитрия Сергеевича** 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

1. Актуальность темы диссертации

Развитие систем электроснабжения промышленных предприятий сопровождается существенным увеличением количества нелинейных электрических нагрузок (НН), которые с одной стороны необходимы для повышения энергоэффективности производственных процессов, а с другой стороны снижают качество электрической энергии, в том числе за счет возникновения несинусоидальности тока и напряжения. Известно, что несинусоидальные режимы оказывают негативное влияние на электрооборудование и электрические сети, приводя к снижению их сроков службы, увеличенным потерям электроэнергии, ложным срабатывания устройств релейной защиты и автоматики, что сопровождается снижением надежности функционирования электротехнических комплексов в целом.

Существующие системы электроснабжения трансформируются путем интеллектуализации, цифровизации и повсеместного внедрения полупроводниковых преобразовательных устройств. В таких условиях актуальность диссертационной работы Скамьина А.Н., посвященной развитию методов оценки и нормализации несинусоидальности тока и напряжения с учетом долевых вкладов распределенных источников искажений по току и по напряжению, сомнений не вызывает.

2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их новизна

Диссертационная работа Скамьина А.Н. выполнена на высоком научном уровне, а научные положения, выводы и рекомендации аргументированы и обоснованы, что подтверждается тщательным анализом известных научных работ по предмету исследования, а также корректным и широким использованием теоретических основ электротехники, теории электромагнитной совместимости и методов расчета систем электроснабжения, которые хорошо апробированы и подтверждены экспериментально, а также достаточно хорошей сходимостью результатов аналитических исследований, имитационного моделирования с экспериментальными данными на физических объектах.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена апробацией результатов диссертационной работы на научных конференциях и их отражением в опубликованных автором научных трудах.

ОТЗЫВ
ВХ. № 9-690 от 18.11.21
АУ УС

По мнению официального оппонента, научную новизну диссертационной работы Скамьина А.Н. определяют следующие результаты:

– алгоритм определения гармонического сопротивления сети, включающий выбор мощности источника нехарактерных гармоник в зависимости от мощности короткого замыкания сети, коэффициента загрузки питающего трансформатора линейной нагрузкой и порядка генерируемых гармоник, выбор точек подключения измерительных цепей и варьирование мощности источника с целью контроля влияния внешних источников искажений;

– метод определения долевых вкладов (ДВ) распределенных источников искажений, позволяющий проводить выбор узла нагрузки с наибольшим алгебраическим ДВ и оценку взаимосвязанных уровней снижения ВГ тока и напряжения по геометрическим ДВ;

– аналитические зависимости ВГ тока пассивного фильтра шунтирующего типа от ДВ внешних источников искажений, мощности короткого замыкания и параметров фильтра, позволяющие учесть гармонические составляющие тока внешних источников искажений при выборе параметров пассивных фильтров;

– зависимости остаточных значений ВГ тока и напряжения потребителя от параметров питающей сети и геометрического ДВ источников искажений, позволяющие определять значение компенсирующего тока параллельного активного фильтра при компенсации ВГ тока и напряжения;

– метод выбора средств снижения уровня ВГ, учитывающий алгебраические ДВ источников искажений для выбора мест подключения и геометрические ДВ для выбора параметров пассивных и активных фильтров;

– методология оценки и нормализации несинусоидальности тока и напряжения, которая основана на комплексном применении разработанных методов оценки ВГ тока и напряжения при наличии распределенных источников искажений, методов выявления ДВ источников искажений и взаимосвязанного выбора параметров и мест подключения пассивных и активных фильтрокомпенсирующих устройств.

Научная новизна и достоверность полученных научных результатов подтверждаются проведенным всесторонним анализом известных научно-исследовательских работ по предмету исследования, достаточным объемом аналитических и имитационных исследований, корректным применением методов теории и расчета электрических цепей и систем электроснабжения, а также апробацией полученных результатов на конференциях и публикацией результатов в научных рецензируемых журналах.

3. Научные результаты, их ценность

Представленные в диссертационной работе Скамьина А.Н. научные результаты обоснованы достаточным объемом теоретических, экспериментальных и натурных исследований.

Автором предложен комплекс научно-методических подходов, алгоритмов и способов, применение которых приводит к повышению

качества электроэнергии и энергоэффективности электротехнических комплексов предприятий путем снижения уровней ВГ и потерь активной мощности на основе разработанной методологии раздельной оценки влияния распределенных источников искажений, выявления долевых вкладов НН и взаимосвязанного выбора параметров и мест подключения фильтрокомпенсирующих устройств.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени отражены в 25 печатных работах, в том числе в 6 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, в 16 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science); получено 5 патентов на изобретение.

4. Теоретическая значимость диссертации

Разработаны теоретические аспекты нормализации несинусоидальности тока и напряжения, учитывающие взаимосвязь и влияние друг на друга распределенных источников искажений по току и по напряжению, позволяющие проводить выбор места подключения фильтрокомпенсирующих устройств на основе алгебраических долевых вкладов и выбор параметров фильтрокомпенсирующих устройств на основе геометрических долевых вкладов, а также проводить оценку остаточных значений ВГ токов и напряжений в узле нагрузки. Указанные положения являются развитием теории и методов оценки и анализа несинусоидальных режимов работы систем электроснабжения предприятий.

5. Практическая значимость диссертации

5.1. Разработан способ оценки гармонического сопротивления сети на основе генерации четных ВГ, основанный на применении тиристорного регулятора мощности, требуемая мощность которого определяется на основе выявленного выражения, учитывающего мощность короткого замыкания, мощность линейной нагрузки, порядок генерируемых ВГ и параметры измерительных устройств.

5.2. Разработаны способы определения ДВ источников искажений на основе применения пассивного и активного фильтра, которые позволяют проводить оценку ДВ при скомпенсированных значениях ВГ тока и напряжения.

5.3. Усовершенствована методика выбора параметров пассивного фильтра гармоник шунтирующего типа, позволяющая оценивать перегрузку фильтра по току с учетом ДВ внешних НН.

5.4. Усовершенствована методика выбора параметров параллельного активного фильтра в зависимости от ДВ источников искажений, которая позволяет проводить расчет действующего тока активного фильтра, требуемого для компенсации гармоник тока и напряжения.

Использование результатов диссертационной работы подтверждается соответствующими актами внедрения.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы при научных исследованиях, направленных на построение и анализ амплитудно-частотных характеристик электрической сети напряжением 0,4-10 кВ в точках электроснабжения предприятий различных отраслей промышленности.

Кроме этого, на практике результаты и выводы диссертации могут быть использованы при проектировании и выборе параметров фильтрокомпенсирующих устройств, при расчете и внедрении мероприятий по повышению качества электрической энергии и энергоэффективности производственных процессов на предприятиях. Разработанный метод оценки долевых вкладов источников искажений может быть положен в основу при разработке нормативных документов по ограничению влияния нелинейных потребителей на качество электрической энергии.

7. Замечания и вопросы по диссертации

7.1. Стр. 29 диссертации, рисунок 1.3 - как удалось провести эксперимент на сутки отключив нелинейную нагрузку тяговой подстанции? В какой точке схемы производились измерения?

7.2. Стр. 29 диссертации, рисунок 1.4 – автору следовало бы данный рисунок дополнить информацией об амплитудном и фазовом спектре измеренного сигнала тока конденсаторных батарей.

7.3. Стр. 66 диссертации – автор анализируя осциллограммы на рисунках 2.4-2.6 заявляет о некотором снижении уровня гармоник тока (коэффициента KI) при подключении дополнительного сопротивления. В явном виде, заявляемые значения уменьшения коэффициента трудно проследить из представленных осциллограмм. Автору следовало бы представить отдельную информацию (в виде графика или таблицы) демонстрирующую изменение амплитудного спектра гармоник тока при изменении нагрузки (как это сделано, например, на рисунке 2.10).

7.4. В параграфах 2.2-2.3 диссертации автора приводит результаты экспериментальных исследований, определяя амплитуду гармоник тока методом быстрого преобразования Фурье. При этом все осциллограммы приведены на отрезке времени 0,02 с (что соответствует периоду тока промышленной частоты). Возникает вопрос, как будет работать предложенная методика в случае анализа нестационарных режимов? Рассматривал ли автор при этом методы борьбы с эффектом растекания спектра?

7.5. Стр. 81 диссертации - автор заявляет, что «аналитически» получены выражения (2.4-2.6), позволяющие проводить выбор мощности генератора нехарактерных гармоник. При этом, выражения приводятся в конечном варианте, без пояснения из каких соображений приняты те или иные величины. Вследствие чего, требует отдельного пояснения вопрос – из каких соображений в выражениях 2.4 и 2.5 используется величина номинального напряжения сети Uном? В реальных условиях эксплуатации,

посредством встречного регулирования напряжение на шинах у потребителя может находиться в диапазоне (1-1,1) Uном, а при пуске мощных электродвигателей кратковременно снижаться до значений 0,9 Uном. В результате чего, получаем отклонение в диапазоне 20% от номинального напряжения. Как это обстоятельство учитывалось при выводе выражений?

7.6. Стр. 61 диссертации, в параграфе 2.1 представлено описание экспериментального стенда для определения параметров АД на ВГ. Источниками искажений выступает нагрузка, подключенная параллельно исследуемому двигателю. Автору следовало бы представить предварительные результаты измерения напряжения в сети, к которой подключается стенд, при отсутствии нагрузки. Это позволило бы убедиться в «чистоте эксперимента» и исключить вопросы о возможном влиянии несинусоидальности напряжения энергосистемы (как отмечает сам автор в параграфе 1.6 влияния «внешних искажений»).

7.7. Стр. 215 диссертации, рис. 5.5. - представлена имитационная модель системы электроснабжения, где схемы замещения линий электропередачи представлены только продольными элементами (r, L), т.е. автор пренебрег поперечными проводимостями (g, b). На промышленной частоте такое допущение традиционно оправдано, однако при анализе высших гармоник оно требует отдельного обоснования. Для учета процессов на высших гармониках в модели должны быть использованы по крайней мере «П» образные схемы замещения (pi-section line).

Энергосистема в модели представлена идеальным синусоидальным источником ЭДС, при этом физические испытания ПКЭ в системах электроснабжения нефтегазодобывающих предприятий Западной Сибири указывают на наличие высших гармоник напряжения в узлах питания 10 кВ и 35 кВ.

7.8. Рисунок 5.3 на стр. 212 диссертации дублирует рисунок 1.5 на стр. 30.

7.9. Цель работы (повышение качества электроэнергии и энергоэффективности ЭТК предприятий с распределенными нелинейными нагрузками путем нормализации несинусоидальности тока и напряжения с учетом долевых вкладов источников искажений) сформулирована не корректно и не отражает ни названия ни содержания диссертации. На основе анализа текста диссертации выявлено, что в работе разработаны методические основы оценки и система практических рекомендаций по нормализации несинусоидальности тока и напряжения с учетом разработанной системы определения долевых вкладов источников искажений. В данном контексте в диссертации изложены новые научно-обоснованные технические решения мониторинга и обеспечения показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения, что вносит значительный вклад в развитие страны.

7.10. Текст диссертации выиграл бы от более тщательной финальной корректуры, так как в нем присутствуют единичные орфографические и лексические погрешности (стр. 32, 35, 41, 65, 101, 142)

Указанные недостатки носят частный характер и не влияют на положительную оценку рецензируемой работы в целом.

8. Заключение

Диссертация Скамьина А.Н. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научная проблема, связанная с повышением качества электроэнергии и энергоэффективности электротехнических комплексов предприятий с распределенными источниками искажений путем нормализации уровней ВГ с учетом ДВ в напряжении и токе, что имеет важное хозяйственное значение для развития страны. Диссертация «Развитие методов оценки и нормализации несинусоидальности тока и напряжения в системах электроснабжения предприятий с учетом долевых вкладов источников искажений» полностью 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.

Официальный оппонент
профессор Политехнической школы федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Югорский государственный университет», доктор технических наук, доцент

Осипов Дмитрий Сергеевич
10.11.2026

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Югорский государственный университет»
Адрес: 628011, Ханты-Мансийский автономный округ - Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, д.16
Телефон: + 7 (3467) 377-000 (доб. 539)
E-mail: d_osipov@ugrasu.ru

