

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.017.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ  
ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК, МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 15.01.2020 г. № 1

О присуждении **Льонг Ван Чынг**, гражданину Вьетнама, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Разработка методического подхода и алгоритмов моделирования нелинейных нагрузок для анализа несинусоидальных режимов в электрических сетях на основе измерений»** по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы принята к защите 17 октября 2019 г., протокол №11, диссертационным советом Д 003.017.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130, совет создан приказом Минобрнауки России №105/нк от 11.04.2012.

Соискатель **Льонг Ван Чынг**, 1989 года рождения, в 2014 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный технический университет» по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов». В 2018 г. окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы. До 10.01.2020 г. являлся аспирантом кафедры Менеджмента Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре электроснабжения и электротехники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – кандидат технических наук, доцент **Коверникова Лидия Ивановна**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, отдел электроэнергетических систем, старший научный сотрудник.

**Официальные оппоненты:**

**Довгун Валерий Петрович**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра «Системы автоматики, автоматизированного управления и проектирования», профессор кафедры;

**Тульский Владимир Николаевич**, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», институт электроэнергетики, директор института,

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород, в своем положительном заключении, подписанном Вагиным Геннадием Яковлевичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника», Севостьяновым Александром Александровичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» и утвержденном Бабановым Николаем Юрьевичем, доктором технических наук, доцентом, проректором по научной работе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», указала, что диссертация Лыонг Ван Чынг является завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей критериям, предъявляемым «Положением о порядке присуждения ученых степеней» к кандидатским диссертациям, в том числе

пп. 9-14, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК – 2 работы; в зарубежном издании, входящем в Web of Science и Scopus – 1 работа. Вклад диссертанта в подготовку статей оценивается как весомый. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значимые работы:

1. Коверникова Л.И., Лыонг Ван Чынг. Алгоритм моделирования нелинейных нагрузок сети высокого напряжения по измеренным параметрам // Электричество. – 2017. – № 10. – С. 16-25.

2. Коверникова Л.И., Лыонг Ван Чынг. Алгоритм и компьютерная программа моделирования нелинейных нагрузок по измеренным параметрам режима электрической сети // Вестник ИрГТУ. – 2018. Т. 22. № 5. С. 152-165. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-5-152-165.

3. Kovernikova L.I., Luong Van Chung. An Algorithm for Modeling Nonlinear Loads Based on Field Measurement Parameters // Proceedings of 18th IEEE International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), Ljubljana (Slovenia), 13-16th May, 2018. DOI: 10.1109/ICHQP.2018.8378814. WOS: 000444771900003.

4. Kovernikova L.I., Luong Van Chung. Modeling of nonlinear loads in high-voltage network by measured parameters // Renewable Energy & Power Quality Journal of European Association for the Development of Renewable Energies. – 2017. – Vol. 1, No. 15. – P. 463-467.

5. Kovernikova L.I., Luong Van Chung, Fedchishin V.V. Modeling Non-Linear Load Currents by Mixture Distribution Separation // Proceedings - 2018 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Moscow (Russian), 15-18th May, 2018. DOI: 10.1109/ICIEAM.2018.8728851.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов, все отзывы положительные, отмечают актуальность работы, ее научную новизну и практическую значимость:

1. От **Вахниной Веры Васильевны**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электроснабжение и электротехника» и **Кувшинова Алексея Алексеевича**, доктора технических наук, доцента,

профессора кафедры «Электроснабжение и электротехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тольяттинский государственный университет» (г. Тольятти). Отзыв содержит *одно замечание*: Из автореферата неясно, каким образом вычисляются гармоники активного и реактивного тока при моделировании нелинейной нагрузки, измеряются в реальной электрической сети и по какому критерию проводится сравнение вычислительных значений с измеренными значениями.

2. От **Стрижиченко Александра Васильевича**, кандидата технических наук, доцента кафедры «Электроэнергетика и электротехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», филиала в г. Волжском (г. Волжский). Отзыв содержит *три замечания*: 1) На стр. 9 указано, что сеть и нелинейная нагрузка представлены источниками тока, а на рис. 1 изображен источник ЭДС. 2) Каким образом были получены композиции законов распределения гармоник активных и реактивных токов в табл. 3? Как определялся качественный и количественный состав слагаемых? 3) Каковы количественные критерии эффективности и точности разработанного подхода к моделированию нелинейных нагрузок?

3. От **Скамьина Александра Николаевича**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Электроэнергетика и электромеханика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (г. Санкт-Петербург). Отзыв содержит *три замечания*: 1) Из автореферата неясно, каким образом (по какому критерию) проводится отбор интервалов измерений для последующего моделирования нелинейных электрических нагрузок. 2) Автором предлагается проводить моделирование нелинейной нагрузки на основе измерений параметров режимов гармоник. Каким образом в таком случае идентифицируется/моделируется линейная электрическая нагрузка, в точке подключения которой имеются гармоники в напряжении и токе. 3) Оказывает ли влияние на моделирование нелинейной нагрузки выбор интервала усреднения при измерении гармоник в напряжении и токе и рассматривалось ли это в работе.

4. От **Шамонова Романа Геннадьевича**, кандидата технических наук, заместителя начальника Департамента оперативно-технологического управления - начальника отдела электрических режимов ПАО «ФСК ЕЭС» (г. Москва). Отзыв содержит *три замечания*: 1) Методический подход (стр.

13-15, раздел 6) основан на обработке результатов измерений искажающих токов посредством анализа их вероятностных характеристик. Вместе с тем, отсутствуют рекомендации по рекомендуемой длительности интервалов измерения для проведения такого анализа. В течение какого минимального времени, по мнению автора, требуется проводить непрерывные измерения. 2) В электрических сетях, питающих тяговую нагрузку, режим на основной частоте, а также на частотах гармонических составляющих характеризуется несимметрией режимных параметров, уровни которой могут превышать допустимые значения. Как следует учитывать несимметрию при обработке результатов измерений. 3) В работе отмечено, что нелинейные нагрузки для расчетов несинусоидальных режимов моделируются источниками тока. Следует отметить, что подобное представление искажающих нагрузок справедливо только, если нелинейные нагрузки моделируются при питании синусоидальным напряжением на их зажимах (отсутствуют внешние источники искажений). В противном случае, помимо искажающего тока, необходимо определять величины проводимости искажающей нагрузки, выражающей взаимосвязь между гармониками тока и напряжения в точке подключения нагрузки и фактически являющейся случайной величиной.

5. От **Янченко Сергея Александровича**, доцента кафедры Электроснабжения Промышленных Предприятий и Электротехнологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (г. Москва). Отзыв содержит *два замечания*: 1) Требуется пояснить выбор в качестве способа расчета уровней несинусоидальности напряжения метода фиксированных источников тока высших гармоник (выражение (1) на стр. 8 автореферата). Рассматривалась ли возможность использования, например, метода итеративного гармонического анализа, учитывающего взаимовлияние уровней высших гармоник сетевого напряжения и гармонической эмиссии тока нелинейной нагрузки? 2) Из автореферата неясно, проводилось ли в диссертации сравнение существующих методов моделирования нелинейных нагрузок, в частности, с помощью так называемого подхода «белого ящика», когда основные нелинейные потребители, учитывая их значительную мощность и небольшое количество, могут быть представлены в виде теоретических моделей, математически описывающих генерацию высших гармоник в результате функционирования силовой части и системы управления преобразователей.

6. От **Суворова Ивана Флегонтовича**, доктора технических наук, профессора кафедры энергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Забайкальский

государственный университет» (г. Чита). Отзыв содержит *два замечания*: 1) Желательно бы получить свидетельство на разработанный программный продукт. 2) Очень значительно повысилась бы важность выполненных исследований соискателя, если бы работа была дополнена определением наиболее вероятной длительности протекания той или иной гармоники, но это может быть, видимо, продолжением дальнейших исследований.

7. От **Рахманова Наримана Рахмановича**, доктора технических наук, профессора, Заслуженного энергетика, Заслуженного деятеля науки Азербайджана, главного научного сотрудника отдела «Режимы и проблемы управления энергосистем» и **Гулиева Гусейнгулу Байрама оглы**, кандидата технических наук, доцента, начальника отдела «Режимы и проблемы управления энергосистем», ведущего научного сотрудника Азербайджанского Научно-Исследовательского и Проектно-Изыскательского Института Энергетики (г. Баку, Азербайджанская Республика). Отзыв содержит *два замечания*: 1) В разделе диссертации «Анализ корреляционных связей между гармониками токов и соответствующими гармониками напряжений» установлено, вышеуказанные связи отсутствуют или имеют слабую зависимость между собой. Чем обусловлена слабая связь или отсутствие корреляции? 2) Важным фактором анализа несинусоидальных режимов в электрической сети с нелинейной нагрузкой является оценка влияния гармоник тока на надежную и эффективную работу сети. Кроме того, в случае нелинейной нагрузки со случайным характером изменчивости параметров режима следовало бы определить вероятность оценки этого влияния от каждой гармоники тока.

8. От **Ахметбаева Даурена Садыковича**, доктора технических наук, и.о. профессора НАО «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина» (г. Нур-Султан, Республика Казахстан). Отзыв содержит *два замечания*: 1) В чем заключается смысл словосочетания «разработка методического подхода», так как любой произвольный подход к исследованию носит методический характер. 2) Как определяется ВАХ нелинейного узла нагрузки по данным измерений и соответствующая ей форма кривой тока, по которой устанавливаются гармоники.

9. От **Боярской Наталии Петровны**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры Теоретических основ электротехники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» (г. Красноярск). Отзыв содержит *два замечания*: 1) На стр. 11 автореферата (5 абзац) сказано - «... что в большинстве случаев корреляция между гармониками тока и соответствующими гармониками напряжения отсутствует или незначительна ...», и не дается объяснения, почему такое возможно. 2) На

стр. 22 автореферата сказано, что «задачей данной диссертации являлась разработка нового способа моделирования нелинейных нагрузок...». Но почему такая задача отсутствует в перечне задач на стр. 4 и в чем состоит новизна разработанного способа?

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается сферой их научных интересов и исследований в области качества электрической энергии, что подтверждается научными публикациями официальных оппонентов и сотрудников ведущей организации, являющихся безусловными специалистами по теме защищаемой диссертации, и их способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

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

**разработан** методический подход для моделирования нелинейных нагрузок на основе измерений параметров режимов гармоник в узлах присоединения нелинейных нагрузок к электрической сети, учитывающий особенности режимов гармоник, в том числе, вероятностный характер их параметров;

**предложены** алгоритмы моделирования нелинейных нагрузок, позволяющие представлять их модели в виде набора функций распределения гармоник токов, соответствующих известным законам распределения, и законам, описываемым композициями известных законов распределения;

**доказаны** возможность и перспективность использования предложенных методического подхода и алгоритмов для моделирования нелинейных нагрузок на основе измерений параметров режимов гармоник в узлах присоединения нелинейных нагрузок к электрической сети;

**введены** и обоснованы новые модели нелинейных нагрузок в виде набора функций распределения гармоник токов, позволяющих вычислять с заданной вероятностью величины гармоник активных и реактивных токов с целью расчета режимов гармоник.

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

**доказаны** эффективность и целесообразность использования моделей нелинейных нагрузок в виде набора функций распределения гармоник токов для расчета режимов гармоник в электрических сетях;

**применительно к проблематике диссертации результативно** (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** методы теории электрических цепей, теории вероятностей, методы математической статистики и математического анализа;

**изложен** алгоритм и дана характеристика вычислительной программы для идентификации функций распределения гармоник активных и реактивных

токов нелинейных нагрузок и вычисления их значений с заданной вероятностью, которые используются для расчета режимов гармоник;

**раскрыты** недостатки существующих методов моделирования нелинейных нагрузок и обоснован новый методический подход для моделирования нелинейных нагрузок с учетом случайного характера режимов гармоник в электрических сетях;

**изучено** и проанализировано современное состояние проблемы моделирования нелинейных нагрузок для анализа несинусоидальных режимов в электрических сетях;

**проведена модернизация** известных методов и алгоритмов определения значений гармоник токов с заданной вероятностью, необходимой для расчета режимов гармоник;

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

**разработаны и внедрены** методический подход, алгоритмы и вычислительная программа моделирования нелинейных нагрузок в учебный процесс на кафедре электроснабжения и электротехники ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»; отдельные результаты исследований использовались при выполнении проекта Ш.17.1.1 государственного задания № 01201361371 программы фундаментальных исследований ИСЭМ СО РАН на 2013–2016 гг., проекта Ш.17.4.2 государственного задания № АААА-А17-117030310438-1 программы фундаментальных исследований ИСЭМ СО РАН на 2017–2020 гг., а также для усовершенствования программно-вычислительного комплекса «Гармоники», разработанного в ИСЭМ СО РАН и предназначенного для анализа несинусоидальных режимов в электрических сетях;

**определены** перспективы практического использования предложенных методического подхода и алгоритмов для моделирования нелинейных нагрузок для оценки потерь энергии при несинусоидальных режимах, анализа резонансных режимов в электрических сетях на частотах гармоник и разработки мероприятий с целью снижения несинусоидальности напряжений в узлах сетей.

**создана** программа моделирования гармоник токов нелинейных нагрузок по измеренным параметрам (защищена свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019619614), реализующая алгоритм идентификации функций распределения гармоник активных и реактивных токов нелинейных нагрузок и вычисления их значений с заданной вероятностью для расчета режимов гармоник;

**представлены** предложения по дальнейшему совершенствованию методического подхода для моделирования нелинейных нагрузок на основе измерений.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** результаты получены путем использования разработанной вычислительной программы, реализованной в программном пакете MS Excel, и усовершенствованного программно-вычислительного комплекса «Гармоники», обработка данных измерений проведена с привлечением современных компьютерных вычислительных методов и методов математической статистики и математического анализа, что позволяет сделать заключение о достоверности полученных результатов;

**теория** построена на применении методов теории электрических цепей, методов теории вероятностей, математической статистики и математического анализа с использованием известных функций плотности вероятностей, и согласуется с опубликованными материалами по теме диссертации;

**идея базируется** на разработке нового подхода для моделирования нелинейных нагрузок, позволяющего учитывать особенности режимов гармоник, в том числе, вероятностный характер их параметров, и повысить точность моделирования нелинейных нагрузок и расчета режимов гармоник в электрических сетях;

**использовано** сравнение полученных результатов исследований с результатами измерений параметров несинусоидальных режимов в электрических сетях и результатами расчета несинусоидальных режимов с помощью программно-вычислительного комплекса «Гармоники», полученными ранее другими исследователями;

**установлено** соответствие авторских результатов исследований с результатами измерений параметров несинусоидальных режимов в электрических сетях и результатами расчета несинусоидальных режимов, полученными ранее другими исследователями;

**использованы** методы математического моделирования и анализа, методы решения нелинейной оптимизационной задачи, методы теории электрических цепей, теории вероятностей и математической статистики.

**Личный вклад соискателя состоит в** применении метода разделения композиций распределений в алгоритме моделирования токов нелинейных нагрузок, разработке алгоритма вычислительной программы для моделирования гармоник токов нелинейных нагрузок на основе измерений параметров режимов гармоник в узлах присоединения нелинейных нагрузок к

электрической сети. Автору принадлежит разработка вычислительной программы для определения функций распределения гармоник активных и реактивных токов и вычисления их значений с заданной вероятностью. Результаты исследований параметров режимов гармоник, измеренных в узлах присоединения к питающей сети тяговых трансформаторов железной дороги, поставляющих электрическую энергию нелинейным нагрузкам большой мощности – электровозам, с помощью разработанных методического подхода, алгоритмов и вычислительной программы получены лично автором.

Диссертационная работа посвящена решению важной и актуальной проблемы эффективного моделирования нелинейных нагрузок и повышения качества электрической энергии, имеющей существенное значение для электроэнергетики Российской Федерации и Вьетнама.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалифицированную работу, соответствующую требованиям и критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней, установленным пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (ред. от 01.10.2018 г.).

На заседании 15 января 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Лыонг Ван Чынг ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве – 19 человек, из них – 7 докторов наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены в разовую защиту – 0 человек, проголосовали: «за» – 19, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

 Воропай Николай Иванович

Ученый секретарь

диссертационного совета

 Клер Александр Матвеевич

«15» января 2020 г.

