

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.375.02,
созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Рязанский государственный
радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина»
Министерства науки и высшего образования РФ,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 12.03.2024 г. № 1

О присуждении Логинову Денису Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка измерительно-аналитического комплекса для исследования характеристик низкочастотных шумов в низкоомных коммутационных устройствах» по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики принята к защите 21.12.2023 г. (протокол заседания № 15) диссертационным советом 24.2.375.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Минобрнауки РФ, 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1, приказ о создании диссертационного совета №105/НК от 11.04.2012 г.

Соискатель Логинов Денис Сергеевич, 1994 года рождения, в 2016 г. окончил ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет» по направлению бакалавриата 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» и в 2018 г. магистратуру по направлению 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника». В 2023 г. окончил аспирантуру в ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия». Справка о сдаче кандидатских экзаменов с оценкой отлично по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики (технические науки) выдана в 2023 г.

В период подготовки диссертации соискатель Логинов Денис Сергеевич обучался в заочной аспирантуре при ФГБОУ ВО «Рязанский государственный

радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», **работает** на предприятии АО «Рязанская радиоэлектронная компания» инженером.

Диссертация выполнена на кафедре «Микро- и наноэлектроника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Минобрнауки РФ.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор **Холомина Татьяна Андреевна**, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», кафедра «Микро- и наноэлектроника», профессор.

Официальные оппоненты:

Мирошникова Ирина Николаевна, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, кафедра электроники и наноэлектроники, и.о. заведующего кафедрой;

Клюев Алексей Викторович, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, кафедра статистической радиофизики и мобильных систем связи радиофизического факультета, доцент;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», г. Зеленоград, г. Москва, **в своем положительном отзыве**, подписанном Шерченковым Алексеем Анатольевичем, доктором технических наук, профессором института Перспективных материалов и технологий Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники», **утвержденном** Гавриловым Сергеем Александровичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», г. Москва, **указала, что** диссертационная работа Логинова Д.С. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная проблема, имеющая важное значение для развития экспериментальных физических методов исследования и электронной компонентной базы страны — изложены новые научно-обоснованные технические решения по разработке экспериментального автоматизированного измерительно-аналитического комплекса для исследования характеристик низкочастотного шума в низкоомных коммутационных устройствах. По своей актуальности, новизне, теоретической и практической значимости представленная диссертация соответствует требованиям пунктов 9 - 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением № 842 Правительства РФ от 24.09.2013, в части кандидатских диссертаций, а ее автор Логинов Денис Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

Соискатель имеет 29 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 работ, включая 5 публикаций в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, 3 публикации в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of science, 16 публикаций в статьях, а также материалах всероссийских и международных конференций, получены 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые работы

1. Литвинов В.Г., Холомина Т.А., Ермачихин А.В., Кострюков С.А., Логинов Д.С., Семенов А.Р. Разработка автоматизированного комплекса для исследования спектров низкочастотного шума в элементах и структурах электронной техники // Радиотехника. 2017. Т. 81. № 5. С. 179-185.

Логинов Д.С. принял участие в разработке и экспериментальной апробации автоматизированного измерительного комплекса для исследования спектров низкочастотного шума.

2. Логинов Д.С., Литвинов В.Г., Холомина Т.А., Семенов А.Р., Рыбин Н.Б. Исследование шумовых характеристик герметизированных магнитоуправляемых контактов // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 11(18). С. 64–70.

Логинов Д.С. провёл анализ существующих методик изучения низкочастотных шумов, разработал и создал экспериментальную установку для измерения спектров НЧ шума низкоомных объектов, содержащую плату сбора данных и управляемую программой, созданной в среде инженерного графического программирования LabVIEW; апробацию новых методов исследования контактных поверхностей, изучение зависимости размеров контактных пятен от величины пропускаемого тока и количества циклов коммутации.

3. Логинов Д.С., Холомина Т.А., Литвинов В.Г. Измерительно-аналитический комплекс для автоматизированных испытаний магнитоуправляемых контактов // Радиотехника. 2022. Т. 86. № 3. С. 134–140.

Логинов Д.С., разработал, реализовал и апробировал экспериментальный автоматизированный измерительно-аналитический комплекс для исследования характеристик низкочастотного шума низкоомных объектов, состоящий из функционально связанных узлов питания, ввода-вывода, обработки, измерения и задания режимов, отличающийся тем, что обеспечивает в едином цикле измерения автоматизированное получение спектров низкочастотного шума и проведение коммутационных испытаний без отключения исследуемых низкоомных объектов.

4. Логинов Д.С., Холомина Т.А., Шерова И.Ф. Исследование влияния условий коммутации на измерение спектра низкочастотного шума магнитоуправляемых контактов // Вестник РГРТУ. 2022. № 82. С. 228-236.

Логинов Д.С. проанализировал проблемы, возникающие при измерениях характеристик и параметров низкочастотного шума в металлических контактах; выявил и экспериментально исследовал влияние факторов, определяющих величину разброса сопротивления при многократной коммутации магнитоуправляемых контактов.

5. Логинов Д.С., Холомина Т.А., Литвинов В.Г., Ксендзов А.В. Применение метода вариации Аллана к изучению низкочастотного шума низкоомных объектов // Вестник РГРТУ. 2023. № 85. С. 170-177.

Логинов Д.С. сформулировал задачу исследования, разработал программное обеспечение, провел обработку экспериментальных спектров НЧ шума с помощью дисперсии Аллана, доказал наличие участка графической зависимости, на котором в целом нестационарный процесс генерации НЧ шума является стационарным.

6. Loginov D.S., Krutchenko O.N., Litvinov V.G., Kholomina T.A., Ermachikhin A.V., Rybin N.B., Semenov A.R. Study of Low Frequency Noise Parameters of Metal Contacts // ICNF 2019 – 25th International Conference on Noise and Fluctuation, Neuchâtel (Switzerland), 2019. P. 1-4.

Логинов Д.С. принял участие в экспериментальных исследованиях параметров низкочастотного шума магнитоуправляемых контактов и обработке экспериментальных результатов.

7. Loginov D.S., Kholomina T.A., Litvinov V.G., Rybin N.B., Semenov A. R., Rybina N.V. Comprehensive implementation of the magnetic contact reliability test method // Proceedings of the 2020 30th International Conference Radioelektronika (RADIO-ELEKTRONIKA). P. 134-138.

Логинов Д.С. предложил и экспериментально апробировал методику прогнозирования надежности магнитоуправляемых контактов с помощью измерения параметров НЧ шума.

8. Investigation influence of switching tests coatings of magnetically controlled contacts on the surface structure / D. S. Loginov, A. V. Baskakova, V. G. Litvinov Rybin N.B. // Journal of Physics: Conference Series. – Saint Petersburg, 2021. – P. 012232.

Логинов Д.С. принял участие в экспериментальных исследованиях и обработке результатов изучения морфологии поверхности и параметров низкочастотного шума магнитоуправляемых контактов с покрытием Au-Ru и без покрытия; провел анализ связи параметров НЧ шума магнитоуправляемых контактов с площадью поверхности контактных пятен, образовавшихся после коммутационных испытаний.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный

электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)». Отзыв подписал профессор кафедры «Микро- и нанoeлектроника», д.ф.-м.н., профессор Мошников Вячеслав Алексеевич.

2. Калужский филиал федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». Отзыв подписал заведующий кафедрой проектирования и технологии производства электронных приборов, д.т.н., профессор Андреев Владимир Викторович.

3. Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие Мелитта» (г. Москва). Отзыв подписал начальник отдела источников света, д.т.н. Гавриш Сергей Викторович.

4. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина». Отзыв подписал доцент кафедры общей и теоретической физики и методики преподавания физики, к.т.н., доцент Трегулов Вадим Викторович.

5. Акционерное общество «НПО «Базальт» (г. Москва). Отзыв подписал начальник научно-конструкторского отдела, к.т.н. Воробьев Илья Владимирович.

6. Акционерное общество «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники», предприятие концерна «Вега» (г. Москва). Отзыв подписал начальник сектора перспективных суперкомпьютерных технологий отдела архитектуры и программного обеспечения суперкомпьютеров, к.ф.-м.н. Исмагилов Тимур Фаритович.

7. Общество с ограниченной ответственностью «Электронный Щит» (г. Москва). Отзыв подписал ведущий инженер, к.ф.-м.н. Кострюков Сергей Анатольевич.

Все отзывы на автореферат диссертации положительные. В отзывах приводятся следующие замечания.

Из автореферата не ясно, почему было принято решение отказаться от измерений при помощи отдельной платы сбора данных и перейти к применению встроенного в микроконтроллер АЦП. В автореферате нет обоснования выбора разрядности применяемого АЦП и не ясен смысл возможности наблюдения за

процессом измерения. Отсутствует обоснование выбора среды разработки STM32CubeIDE 1.3.0 и семейства микроконтроллеров STM из множества свободно распространяемых IDE. Из автореферата не ясно, какое время указано в графике отклонения Аллана для спектра НЧ шума (рис. 3), а также отсутствует изложение математических основ этого преобразования. Из автореферата не ясно, почему для обработки измеренных значений параметров спектров НЧ шума использована среда MathCad, методы подбора коэффициентов и регрессия линейной комбинацией функций скалярного аргумента (linfit), если было разработано специальное программное обеспечение для обработки полученных результатов. На рисунках 6-8 указано малое количество точек для построения графика. Из описания не ясно являются эти точки основными для построения или вспомогательными. Отсутствует обоснование выбора разрядности применяемого АЦП. Из автореферата не ясно, почему с целью определения девиации (разброса) контактного сопротивления герконов и реле их включали по схеме классического четырехполюсника. В автореферате не указано, с какой погрешностью измерялось сопротивление контактов. При разработке комплекса автором использовались БИХ-фильтры 6-го порядка, однако в автореферате отсутствует обоснование причин применения именно таких фильтров и с таким порядком. На стр.11 автореферата указано, что эксперименты проведены на одной из исследуемых партий герконов МКА-14103, предназначенных для коммутации цепей постоянного и переменного токов и партии реле, состоящей из 5 образцов. Из текста автореферата не ясно, каким образом обоснован выбор образцов и какие еще партии образцов коммутационных устройств исследованы. Из автореферата не ясно, с какой целью при исследовании низкочастотного шума был использован растровый электронный микроскоп JEOL JSM 6610LV. На части исследуемых образцов было применено Au-Ru покрытие контактных пластин. Из автореферата не ясно, по какой причине исследовали именно это покрытие из благородных металлов среди множества других. В автореферате не приведена функциональная схема усиливающего и оцифровывающих узлов установки, хотя для такого рода установок эти узлы во многом определяют их параметры. В автореферате не указано, какую роль для исследуемых объектов дает информация о стационарности процесса в определённом диапазоне частот.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью их достижений в соответствующей научной сфере; публикациями, соответствующими теме диссертации, что позволяет им определить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан и технически реализован измерительно-аналитический комплекс для автоматизированных испытаний магнитоуправляемых контактов, позволяющий проводить их многократную коммутацию и измерения спектров плотности мощности низкочастотного шума в диапазоне частот 0,01 - 100 Гц;

разработаны программное обеспечение измерительно-аналитического комплекса и программа для изучения стационарности спектров низкочастотного шума на основе метода вариации (дисперсии) Аллана;

предложены и обоснованы структурные, функциональные и электрические принципиальные схемы измерительно-аналитического комплекса, методики проведения экспериментов по диагностике коммутационных устройств методом спектроскопии низкочастотного шума;

доказано, что в ограниченном диапазоне частот (около одной декады) процесс генерации низкочастотного шума низкоомных коммутационных устройств можно считать стационарным.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность применения аналитических соотношений метода вариации Аллана к обработке спектров низкочастотного шума низкоомных элементов электронной техники – магнитоуправляемых контактов с выделением ряда составляющих шумов, винеровского процесса и линейного дрейфа, повышения быстродействия спектроскопии низкочастотного шума;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)

использованы методы обработки данных на основе теории случайных процессов и математического моделирования;

изложены методики математической обработки спектров низкочастотного шума на основе алгоритма и программы аппроксимации методами подбора

коэффициентов и регрессии линейной комбинацией функций скалярного аргумента с автоматическим поиском точек перегиба аппроксимирующих функций;

раскрыты причины изменения контактного сопротивления и параметров низкочастотного шума низкоомных коммутационных устройств;

изучены факторы, влияющие на воспроизводимость результатов измерения характеристик низкочастотного шума магнитоуправляемых контактов при их многократной коммутации с помощью магнитного поля от разных источников;

изучена взаимосвязь параметров низкочастотного шума и контактного сопротивления низкоомных коммутационных устройств с характером направленного внешнего воздействия.

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

разработаны и внедрены в технологический процесс входного контроля компонентов на предприятии АО «Рязанская радиоэлектронная компания»:

- автоматизированный измерительно-аналитический комплекс для испытаний низкоомных коммутационных устройств, позволяющий проводить в едином измерительном цикле измерения спектров плотности мощности низкочастотного шума в диапазоне частот 0,01 - 100 Гц, а также многократную коммутацию элементов в различных режимах;

- программное обеспечение в среде разработки STM32CubeIDE 1.3.0 с тактовой частотой 48 МГц, встроенными интерфейсами и АЦП, которые позволяют в реальном времени проводить измерение, обработку экспериментальных данных и передачу информации для последующей обработки;

- экспресс-методика прогнозирования коммутационной устойчивости магнитоуправляемых контактов с совпадением результатов, полученных при длительных измерениях, не ниже 90 %;

определены

- характер взаимосвязи контактного сопротивления, значения спектральной плотности мощности и коэффициента формы спектра низкочастотного шума на заданной частоте и во всем диапазоне;

- положительный эффект от создания на поверхности пермаллоевых

пластин магнитоуправляемых контактов покрытия Au-Ru, позволяющего снизить спектральную плотность мощности низкочастотного шума на 1-1,5 порядка (10-17дБ) и величину контактного сопротивления в 1,5-2 раза;

создан стенд измерительно-аналитического комплекса для автоматизированных экспресс-испытаний низкоомных контактов в диапазоне частот 0,01 - 100 Гц со спектральной плотностью мощности собственного шума не выше 10^{-15} В²/Гц, что на 3-4 порядка меньше уровня шума в исследуемых коммутационных компонентах;

представлены акты о внедрении материалов диссертационной работы в технологический процесс входного контроля компонентов на предприятии АО «Рязанская радиоэлектронная компания» и использовании в проведении научно-исследовательских работ и учебном процессе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ их воспроизводимость на значительном количестве образцов; непротиворечивость с теоретическими моделями;

теория построена с использованием математического аппарата теории случайных процессов, математической статистики и математического моделирования;

идея базируется на анализе и обобщении современных представлений о природе низкочастотного шума;

использован сравнительный анализ существующих схемотехнических решений для создания измерительно-аналитического комплекса;

установлено соответствие в частных случаях качественных и количественных результатов исследования результатам, изложенным в известных источниках.

Личный вклад соискателя состоит в разработке структурных, функциональных и электрических принципиальных схем автоматизированного измерительно-аналитического комплекса, а также программного обеспечения; создании методик проведения экспериментальных работ; постановке задач теоретических и экспериментальных исследований и проведении экспериментов; обработке и интерпретации экспериментальных результатов, а также подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие замечания:

1. В представленном докладе не указаны используемые в разработанном измерительно-аналитическом комплексе средства защиты от внешних воздействий и помех, например, наводки сети 50 Гц, шумов от прочего оборудования.

2. Из доклада соискателя не ясно, являются ли примененные режимы коммутационных испытаний образцов регламентированными по количеству коммутаций, пропускаемому току в цепи и напряжению.

3. В разработанном комплексе передача данных реализована по интерфейсу USB. Из доклада не ясно, учтено ли при разработке комплекса, что блоки питания ПК имеют высокий уровень шума по цепям питания.

Соискатель Логинов Д.С. ответил на задаваемые ему в ходе защиты вопросы и привел собственную аргументацию, с частью замечаний согласился.

На заседании 12.03.2024 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи исследования и контроля характеристик низкочастотного шума в низкоомных коммутационных устройствах, имеющей важное значение для развития электронной промышленности присудить Логинову Денису Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 17, «против» – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель диссертационного совета

д.ф.-м.н. профессор

Секретарь диссертационного совета

д.ф.-м.н. доцент



Михаил Викторович Чиркин

Владимир Георгиевич Литвинов

12 марта 2024 г.