

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НРиИ ТУСУР,

к.т.н., доцент

А.Г. Лоцилов

« » 2023 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)

Диссертация «Модель и методики для оценки уровня электромагнитного излучения печатных плат с модальным резервированием и антенн с аппроксимацией проводной сеткой» выполнена на кафедре телевидения и управления (ТУ) в ТУСУРе.

Соискатель Алхадж Хасан Аднан Фаезович обучался в очной аспирантуре ТУСУРа в 2019–2023 гг.

Окончил факультет инфокоммуникационных технологий университета Тартус, Сирия, 2012–2016 гг. с квалификацией специалист-инженер по инфокоммуникационным технологиям. Проходил обучение в 2017–2019 гг. по магистерской программе «Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов» по направлению подготовки 11.04.01, на радиотехническом факультете ТГТУ, Тамбов, Россия.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2023 г. ТУСУРОм.

Научный руководитель – Газизов Тальгат Рашитович, д.т.н., профессор кафедры ТУ ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Алхаджа Хасана Аднана Фаезовича является научно-квалификационной работой, в которой разработаны модель и методики для оценки уровня излучения от ПП с МР и расчета характеристик антенн на основе аппроксимации проводной сеткой и метода моментов, и проведены натурные и вычислительные эксперименты на их основе.

Личное участие автора в получении результатов

Цель и задачи сформулированы совместно с научным руководителем. Результаты, сформулированные в положениях, выносимых на защиту,

и составляющие научную новизну, получены автором лично или при его участии и совместно с научным руководителем. Личный вклад автора состоит в моделировании разными методами и экспериментальных исследованиях. Часть результатов по моделированию получена совместно с *Квасниковым А.А.*, *Клюкиным Д.В.*, *Нгуеном М.Т.* и *Куксенко С.П.*, а экспериментальному исследованию – с *Медведевым А.В.*, *Комнатновым М.Е.*, *Семенюком В.А.* и *Карри С.* Отдельные результаты получены совместно с соавторами публикаций. Обработка и интерпретация результатов выполнены лично автором.

Степень достоверности результатов работы

Достоверность подтверждена сравнением результатов моделирования с результатами других программных продуктов и натурального эксперимента. Она основана на корректном использовании теории линий передачи и вычислительной электродинамики, а также согласованности результатов квазистатического и электродинамического подходов и измерений.

Научная новизна диссертации

1. Разработаны алгоритмическая математическая модель и методика виртуальных испытаний для оценки излучаемой эмиссии от печатных плат с модальным резервированием, отличающиеся использованием квазистатического подхода для уменьшения вычислительных затрат.

2. Впервые получены экспериментальные оценки излучаемой эмиссии от печатных плат с одно-, двух- и трехкратным модальным резервированием, в том числе после отказов и при изменении температуры от минус 50°C до 150°C.

3. Предложена методика моделирования антенн с использованием тонкопроводной аппроксимации и метода моментов, отличающаяся наличием дополнительных рекомендаций для построения проводной сетки.

Практическая значимость

1. Создана система практических рекомендаций по моделированию и испытанию печатных плат с модальным резервированием для оценки излучаемой эмиссии от них.

2. Определено влияние отказов на концах проводников печатных плат с модальным резервированием на уровень излучаемой эмиссии от них.

3. Определены пределы изменения уровня излучаемой эмиссии от печатных плат с модальным резервированием при изменении температуры.

4. Создана система практических рекомендаций по моделированию антенн, аппроксимированных проводной сеткой, с меньшими вычислительными затратами и приемлемой точностью.

5. Получен патент на изобретение «Способ симметричной трассировки сигнальных и опорных проводников цепей с модальным резервированием».

6. Результаты использованы при выполнении научных проектов, хозяйственных договоров и в учебном процессе (4 акта внедрения).

Ценность научных работ соискателя

Научные работы соискателя имеют высокую ценность. Она подтверждается публикациями их результатов в рецензируемых журналах и материалах конференций, а также их широким использованием.

Использование результатов исследований:

1. ПНИ «Теоретические и экспериментальные исследования по синтезу оптимальной сети высоковольтного электропитания для космических аппаратов» в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», проект RFMEFI57417X0172, 2017–2020 гг.

2. НИР «Модальное резервирование электрических цепей критичных радиоэлектронных средств и систем», грант РНФ 19-19-00424, 2019–2021 гг.

3. НИР «Многокритериальная оптимизация порядка переключения после отказов при многократном модальном резервировании цепей», грант РНФ 20-19-00446, 2020–2022 гг.

4. Проект FEWM-2020-0041 «Комплекс фундаментальных исследований по электромагнитной совместимости» в рамках конкурса научных проектов, выполняемых коллективами исследовательских центров и (или) научных лабораторий образовательных организаций высшего образования 2020–2022 гг.

5. НИР «Модальное резервирование электрических цепей критичных радиоэлектронных средств и систем», грант РНФ 19-19-00424, 2022–2023 гг.

6. НИР «Многокритериальная оптимизация порядка переключения после отказов при многократном модальном резервировании цепей», грант РНФ 20-19-00446, 2023–2024 гг.

7. Проект FEWM-2022-0001 «Теоретические основы создания перспективных систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры, работающей в экстремальных условиях» в рамках конкурса научных проектов, выполняемых коллективами исследовательских центров и (или) научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, 2022–2023 гг.

8. СЧ НИР «Разработка математического обеспечения и программного модуля для моделирования радиотехнических характеристик антенного элемента», по хоздоговору ДП20221-60 от 15.04.2021 г., 2021 г.

9. СЧ НИР «Комплексные исследования в интересах создания ключевых элементов технологии расчета и измерения радиотехнических характеристик цифровых антенных решеток с учетом обтекателей для высокоскоростных летательных аппаратов», по хоздоговору ДП2022-78 от 27.06.2022 г., 2022–2024 гг.

10. Программа стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» ТУСУРа, подпроект 6 «Экспертная система для решения задач электромагнитной совместимости при автоматизированном проектировании элементов радиоэлектронных средств», 2021–2022 гг.

11. Учебный процесс бакалавриата радиотехнического факультета ТУСУР.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Алхаджа Хасана Аднана Фаезовича по своему содержанию соответствует специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения по п. 7 – Разработка и исследование методов обеспечения электромагнитной совместимости радиотехнических систем и устройств, включая системы связи и телевидения, методов обеспечения их стойкости к электромагнитному и ионизирующему излучению, методов разрушения и защиты информации в этих системах и п. 14 – Разработка и исследование методов моделирования радиотехнических устройств и систем, включая системы цифрового телевидения высокой, сверхвысокой, ультравысокой четкости и других форматов, для телевизионного вещания и специальных применений и специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии по п. 9 – Разработка методов автоматизированного проектирования и оптимизации антенных систем и микроволновых устройств широкого применения.

Полнота изложенных материалов в печатных работах, опубликованных автором

Основные результаты исследований отражены в 89 публикациях (9 без соавторов): 6 статей в журналах из перечня ВАК; 5 статей в журналах, входящих в Q1 WoS или Scopus; 22 доклада в трудах конференций, индексируемых в WoS и Scopus; 39 докладов в трудах других конференций; 14 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ; 3 патента на изобретение.

Диссертация «Модель и методики для оценки уровня электромагнитного излучения печатных плат с модальным резервированием и антенн с аппроксимацией проводной сеткой» Алхаджа Хасана Аднана Фаезовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и

устройства телевидения и 2.2.14 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Заключение принято на заседании кафедры ТУ.

Присутствовало на заседании 28 чел. Результаты голосования: «за» – 28 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 4 от 20 октября 2023 г.

Председатель,
д.т.н., профессор кафедры ТУ


С.П. Куксенко

Секретарь,
к.т.н., ассистент кафедры ТУ


М.А. Самойличенко

Список публикаций соискателя Алхадж Хасана Аднана Фаезовича

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Верификация моделирования проводных антенн методом моментов / **А.А. Хасан**, А.А. Квасников, С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов // Журнал радиоэлектроники. – 2021. – №. 11.

2. Алхадж, Х.А. Обзор исследований по модальному резервированию / **Х.А. Алхадж**, Т.Р. Газизов // Доклады ТУСУР. – 2022. – Т. 25, № 4. – С. 54–67. DOI: 10.21293/1818-0442-2022-25-4-54-67.

3. Алхадж Хасан А. Сравнение измеренных частотных характеристик печатных плат с модальным резервированием до и после отказа при разных температурах / **А. Алхадж Хасан**, Т.Р. Газизов // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2023. – Т. 26, № 2. – С. 37–51. DOI: 10.32603/1993-8985-2023-26-2-37-51.

4. Алхадж Хасан, А.Ф. Моделирование антенн методом моментов: аппроксимация поверхности проводниками / **А.Ф. Алхадж Хасан**, М.Т. Нгуен, Т.Р. Газизов // Доклады ТУСУР. – 2023. – Т. 26, № 2. – С. 51–71. – DOI 10.21293/1818-0442-2023-26-2-51-71.

5. О моделях возбуждения антенн для расчета их входного импеданса методом моментов / Д.В. Клюкин, А.В. Демаков, А.А. Квасников, **А. Алхадж Хасан**, С.П. Куксенко // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. – 2023. – №3. – DOI 10.30898/1684-1719.2023.3.5.

6. Разработка программного обеспечения для моделирования радиоэлектронных средств с учетом электромагнитной совместимости в ТУСУРе / С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов, А.А. Квасников, В. Демаков, А.А. Иванов, Д.В. Клюкин, **А. Алхадж Хасан**, А.Е. Максимов, А.В. Осинцев // Наноиндустрия. – 2023. – Т. 16, № S9–1(119). – С. 170–178. – DOI 10.22184/1993-8578.2023.16.9s.170.178.

Публикации в журналах, входящих в Q1 WoS или Scopus

1. On wire-grid representation for modeling symmetrical antenna elements / **A. Alhaj Hasan**, D.V. Klyukin, A.A. Kvasnikov, M.E. Komnatnov, S.P. Kuksenko // Symmetry. – 2022. – Vol. 14, no. 7. – P. 1354. – DOI 10.3390/sym14071354.

2. Ensuring the reliability and EMC by modal reservation: a brief history and recent advances / **A. Alhaj Hasan**, T.R. Gazizov // Symmetry. – 2022. – Vol. 14. – P. 2466. <https://doi.org/10.3390/sym14112466>.

3. Wire-grid and sparse MoM antennas: past evolution, present implementation, and future possibilities / **A. Alhaj Hasan**, M.T. Nguyen, S.P. Kuksenko, T.R. Gazizov // Symmetry. – 2023. – Vol. 15, no. 2. – P. 378. – DOI 10.3390/sym15020378.

4. On modeling antennas using mom-based algorithms: wire-grid versus surface triangulation / **A. Alhaj Hasan**, A.A. Kvasnikov, D.V. Klyukin, A.A. Ivanov, A.V. Demakov, D.M. Mochalov, S.P. Kuksenko // Algorithms. – 2023. – Vol. 16, no. 4. – P. 200. – DOI 10.3390/a16040200.

5. Zhechev, Y.S. New technique for improving modal filter performance by using an electromagnetic absorber / Y.S. Zhechev, **A.H. Adnan**, K.P. Malygin //

Публикации в изданиях, входящих в базы Scopus или Web of Science

1. **Alhaj Hasan, A.** Estimation of radiated emissions from a structure with a single modal reservation / **A. Alhaj Hasan, Y.S. Zhechev, T.R. Gazizov** // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1862, no. 1. – P. 012003. – DOI 10.1088/1742-6596/1862/1/012003.

2. **Alhaj, H.A.** Investigation of the Distorting Methods of Reducing the Peak-Factor of the OFDM Signal / **H.A. Alhaj** // 2019 International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON). – 2019. – P. 0250–0253. – DOI 10.1109/SIBIRCON48586.2019.8958268.

3. **Alhaj Hasan, A.** Approach to estimation of radiated emission from circuits with modal reservation / **A. Alhaj Hasan, A. Kvasnikov, T.R. Gazizov** // international conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices (EDM). – 2020. – P. 169–173.

4. **Alhaj Hasan, A.** Comparing the estimates of the radiated emission from a structure with modal reservation by two approaches / **A. Alhaj Hasan, T.R. Gazizov** // International conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices (EDM). – 2021. – P. 145–148.

5. **Alhaj Hasan, A.** Estimation of the radiated emission from a single and coupled wires with insulation above the ground plane / **A. Alhaj Hasan, T.R. Gazizov** // International conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices (EDM). – 2021. – P. 149–152.

6. **Alhaj Hasan A.** Estimation of the radiated emission from a protective turn of a meander line in the air / **A. Alhaj Hasan, T.R. Gazizov** // International Siberian conference on control and communications (SIBCON). – 2021. – P. 1–5.

7. **Alhaj Hasan, A.F.** Studying the features of a PCB with modal reservation in the frequency domain using TALGAT / **A.F. Alhaj Hasan, T.R. Gazizov** // 2022 Ural-Siberian conference on biomedical engineering, radioelectronics and information technology (USBREIT). – 2022. – P. 102–107. – DOI 10.1109/USBREIT56278.2022.9923338.

8. **Alhaj Hasan, A.F.** Frequency characteristics of PCB with modal reservation before and after failure using TALGAT / **A.F. Alhaj Hasan, T.R. Gazizov** // 2022 IEEE 23rd International conference of young professionals in electron devices and materials (EDM). – 2022. – P. 140–146. – DOI 10.1109/EDM55285.2022.9855089.

9. **Alhaj Hasan, A.F.** Measuring the level of radiated emissions from PCBs with modal reservation before and after failure / **A.F. Alhaj Hasan, T.R. Gazizov** // 2022 International conference on actual problems of electron devices engineering (APEDE). – 2022. – P. 13–16. – DOI 10.1109/APEDE53724.2022.9912782.

10. **Alhaj Hasan, A.F.** TEM-cell measurements of the radiated emissions from PCBs with modal reservation before and after failure / **A.F. Alhaj Hasan, M.E. Komnatnov, T.R. Gazizov** // 2022 International Ural conference on electrical

power engineering (UralCon). – 2022. – P. 196–200. – DOI 10.1109/UralCon54942.2022.9906698.

11. **Alhaj Hasan, A.F.** Measuring frequency characteristic of PCBs with modal reservation under climatic impact before and after short circuit failure / **A.F. Alhaj Hasan, T.R. Gazizov** // 2022 Dynamics of systems, mechanisms and machines (Dynamics). – 2022. – P. 1–6. – DOI 10.1109/Dynamics56256.2022.10014910.

12. **Alhaj Hasan, A.F.** Measuring frequency characteristic of PCBs with modal reservation under climatic impact / **A.F. Alhaj Hasan, T.R. Gazizov** // 2022 IEEE International multi-conference on engineering, computer and information sciences (SIBIRCON). – 2022. – P. 1090–1094. – DOI 10.1109/SIBIRCON56155.2022.10017108.

13. **Alhaj Hasan, A.F.** Measuring frequency characteristics of PCBs with modal reservation before and after open circuit failure under climatic impact / **A.F. Alhaj Hasan** // 2022 International Siberian conference on control and communications (SIBCON). – 2022. – P. 1–6. – DOI 10.1109/SIBCON56144.2022.10002964.

14. **Hasan, A.A.** Wire grid sparse antennas: verification of a modified modeling approach / **A.A. Hasan, T.M. Nguyen, T.R. Gazizov** // 2023 IEEE Ural-Siberian conference on biomedical engineering, radioelectronics and information technology (USBREIT). – 2023. – P. 100–104. – DOI 10.1109/USBREIT58508.2023.10158826.

15. **Gazizov, T.R.** A simple modeling methodology for creating hidden antennas / **T.R. Gazizov, A. Alhaj Hasan, M.T. Nguyen** // 2023 International conference on industrial engineering, applications and manufacturing (ICIEAM). – 2023. – P. 1080–1084. DOI 10.1109/ICIEAM57311.2023.10139026.

16. **Alhaj Hasan, A.** Novel MoM-based approaches for generating wire-grid sparse antenna structures / **A. Alhaj Hasan, M.T. Nguyen, T.R. Gazizov** // 2023 IEEE 24th Int. Conf. of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). – 2023. – P. 570–576. DOI 10.1109/EDM58354.2023.10225219.

17. **Nguyen, M.T.** Simulation-based performance evaluation of wire-grid approach for 3D printed antennas: comparative analysis and experimental validation / **M.T. Nguyen, A. Alhaj Hasan, T.R. Gazizov** // International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon 2023). – Magnitogorsk (Russia), September 29–October 01, 2023. P. 1–5.

18. **Alhaj Hasan, A.F.** Radiated Emissions from PCBs with double MR before and after Failure / **A.F. Alhaj Hasan, V.A. Semenyuk, T.R. Gazizov** // 2023 IEEE 2022 International Ural conference on electrical power engineering (UralCon). – 2023. P. 1–5.

19. **Alhaj Hasan, A.** Efficient sparse antenna design using MoM-WG: comparative study of horn, conical horn, and reflector antennas by advanced approximations / **A. Alhaj Hasan, M.T. Nguyen, T.R. Gazizov** // // 2023 International Russian automation conference (RusAutoCon), Sochi, Russian Federation. – 2023. – P. 709–715. – DOI 10.1109/RusAutoCon58002.2023.1027284.

20. **Alhaj Hasan, A.F.** Experimental study on after failure radiated emissions of triple modal reservation circuits / **A.F. Alhaj Hasan, V.A. Semenyuk, T.R. Gazizov** // 2023 IEEE International Russian automation conference (RusAutoCon). – 2023. P. 837–842, doi: 10.1109/RusAutoCon58002.2023.10272869.

21. **Alhaj Hasan, A.F.** Understanding the effectiveness of double modal reservation in PCB manufacturing: experimental study on radiated emissions / **A.F. Alhaj Hasan, V.A. Semenyuk, T.R. Gazizov** // 2023 IEEE Russian workshop on power engineering and automation of metallurgy industry: research & practice, Magnitogorsk. – 2023. P. 1–5.

22. **Alhaj Hasan, A.F.** Exploring the impact of triple modal reservation on radiated emissions: experimental insights for PCB manufacturing / **A.F. Alhaj Hasan, V.A. Semenyuk, T.R. Gazizov** // 2023 IEEE 5th International scientific conference on information, control, and communication technologies (ICCT). – 2023. P. 1–5.

Патенты

1. Патент на изобретение № 2794739 РФ, МПК Н 05 К 1/02, Н 04 В 15/00. Способ симметричной трассировки сигнальных и опорных проводников цепей с модальным резервированием / **А. Алхадж Хасан, Т.Р. Газизов.** – Заявка № 2022130296; заявл. 23.11.22; опубл. 24.04.2023, Бюл. № 12. – 6 с.

2. Патент на изобретение № 2752233 РФ, МПК Н 04 В 15/02. Способ трассировки печатных проводников на двуслойной печатной плате для цепей с резервированием / **Т.Р. Газизов, А.В. Медведев, А. Алхадж Хасан, О.М. Кузнецова-Таджибаева.** – Заявка № 2020122274; заявл. 06.07.20; опубл. 23.07.2021, Бюл. № 21. – 8 с.

3. Патент на изобретение № 2754077 РФ, МПК Н 04 В 15/02. Способ трассировки печатных проводников цепей с резервированием на противоположных сторонах печатной платы / **Т.Р. Газизов, А.В. Медведев, А. Алхадж Хасан, О.М. Кузнецова-Таджибаева.** – Заявка № 2020122269; заявл. 06.07.20; опубл. 26.08.2021, Бюл. № 24. – 8 с.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663568. Программа для оценки излучаемой эмиссии структуры с модальным резервированием / **А. Алхадж Хасан, А.А. Квасников, Т.Р. Газизов.** – Заявка № 2021662273. Дата поступления 06.08.2021 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 18.08.2021 г.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663457. Программа для оценки излучаемой эмиссии от одного и двух связанных проводов над плоскостью земли с диэлектриком и без него / **А. Алхадж Хасан, Т.Р. Газизов.** – Заявка № 2021662294. Дата поступления 06.08.2021 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 17.08.2021 г.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021662938 РФ. Программа для оценки излучаемой эмиссии от защитных меандровых линий / **А. Алхадж Хасан, Т.Р. Газизов.** – Заявка № 2021662332.

Дата поступления 06.08.2021 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 09.08.2021 г.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022616518 РФ. Функционал импорта произвольных геометрических структур в системе TALGAT / К.Е. Зиновьев, А.А. Квасников, **А. Алхадж Хасан**. – Заявка №2022616249. Дата поступления 12.04.2022. Зарегистрировано в Реестре 19.04.2022. Дата публикации 19.04.2022.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022680875 РФ. Программа для моделирования антенн на основе поверхностной треугольной аппроксимации / А.А. Квасников, А.В. Демаков, Д.В. Клюкин, А.А. Иванов, **А. Алхадж Хасан**, А.Е. Максимов, С.П. Куксенко. – Заявка №2022680455. Дата поступления 02.11.2022. Зарегистрировано в Реестре 08.11.2022. Дата публикации 08.11.2022.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022681597 РФ. Программа для моделирования антенн на основе тонкопроводной аппроксимации / Т.Р. Газизов, А.А. Квасников, И.А. Онищенко, **А. Алхадж Хасан**, С.П. Куксенко. – Заявка № 2022680447. Дата поступления 02.11.2022. Зарегистрировано в Реестре 15.11.2022. Дата публикации 15.11.2022.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022683074 РФ. Оценка излучаемых эмиссий от печатной платы с модальным резервированием путём виртуальных испытаний в мини-ТЕМ-камере / **А. Алхадж Хасан**, А.А. Квасников, Т.Р. Газизов // Заявка №2022681828. Дата поступления 18.11.2022. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 30.11.2022.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023616977 РФ. Генерация конструкции зеркальной антенны за счёт аппроксимации оптимальной токовой сеткой / **А. Алхадж Хасан**, М.Т. Нгуен, С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов. – Заявка № 2023615443. Дата поступления 24.03.2023. Зарегистрировано в Реестре 04.04.2023. Дата публикации: 04.04.2023.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023617502 РФ. Генерация конструкции зеркальной антенны за счёт соединяющей аппроксимации оптимальной токовой сеткой / М.Т. Нгуен, **А. Алхадж Хасан**, С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов. – Заявка № 2023616532. Дата поступления 05.04.2023. Зарегистрировано в Реестре 11.04.2023. Дата публикации: 11.04.2023.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023617713 РФ. Генерация конструкции зеркальной антенны за счёт устраняющей аппроксимации оптимальной токовой сеткой / М.Т. Нгуен, **А. Алхадж Хасан**, С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов. – Заявка № 2023616574. Дата поступления 06.04.2023. Зарегистрировано в Реестре 12.04.2023. Дата публикации: 12.04.2023.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023617597 РФ. Генерация конструкции зеркальной антенны за счёт соединяющей аппроксимации оптимальной токовой сеткой с минимальным

количеством проводов / М.Т. Нгуен, А. Алхадж Хасан, С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов. – Заявка № 2023616558. Дата поступления 06.04.2023. Зарегистрировано в Реестре 11.04.2023. Дата публикации: 11.04.2023.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023619337 РФ. Генерация эквивалентной разреженной проводной сетки для развертываемой зеркальной антенны из композитных материалов / М.Т. Нгуен, А. Алхадж Хасан, С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов. – Заявка № 2023618038. Дата поступления 27.04.2023. Зарегистрировано в Реестре 10.05.2023. Дата публикации: 10.05.2023.

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023619600 РФ. Генерация конструкции рупорной антенны за счёт аппроксимации оптимальной токовой сеткой / А. Алхадж Хасан, М.Т. Нгуен, С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов. – Заявка № 2023618304. Дата поступления 27.04.2023. Зарегистрировано в Реестре 12.05.2023. Дата публикации: 12.05.2023.

14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023660653 РФ. Генерация эквивалентной проводной сетки для развертываемой зеркальной антенны из композитных материалов / М.Т. Нгуен, А. Алхадж Хасан, С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов. – Заявка № 2023619968. Дата поступления 19.05.2023. Зарегистрировано в Реестре 23.05.2023. Дата публикации: 23.05.2023.

Публикации в сборниках конференций

1. **Alhaj Hasan, A.** Review of the use and current status of UAV technology and their capabilities / **A. Alhaj Hasan** // Electronic Devices and Control Systems: International Scientific-Practical Conference. – 2019. – no. 1–2. – P. 237–240. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42559859>.

2. **Alhaj Hasan, A.** Review of the counter-drone systems and their efficiency against the UAV technology / **A. Alhaj Hasan** // Electronic Devices and Control Systems: International Scientific-Practical Conference. – 2019. – no. 1–2. – P. 241–244. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42559861>.

3. **Алхадж Хасан, А.** Исследование искажающих методов снижения пикового фактора сигнала OFDM / **А. Алхадж Хасан** // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2019. – № 1–1. – С. 9–13. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42551038>.

4. **Alhaj Hasan, A.** Comparison of quasistatic and electrodynamic estimations of the radiated emission from two coupled wires over a ground plane / **A. Alhaj Hasan** // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 21–24 апреля 2020 года. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2020. – P. 17–19.

5. **Alhaj Hasan, A.** The effect of the dimension domains on the current distribution along two coupled wires over a ground plane / **A. Alhaj Hasan** //

TUSUR Scientific Session: Collection of selected papers. – Томск, Россия. – 2020. – С. 320–323.

6. **Алхадж Хасан, А.** Оценка излучаемых эмиссий структуры с однократным модальным резервированием / **А. Алхадж Хасан**, Е.С. Жечев, Т.Р. Газизов // Международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления» (МНПК ЭСиСУ-2020). – 2020. – №. 1. – С. 250–253.

7. **Алхадж Хасан, А.** Влияние сегментации и согласования на ток в связанных проводках / **А. Алхадж Хасан**, Т.Р. Газизов // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-26-2020) : 26-я международная научно-практическая конференция, Томск, 24 ноября 2020 года. – Томск: Издательство Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2020. – С. 134–140.

8. **Алхадж Хасан, А.** Оценка излучаемой эмиссии от одиночной и двух связанных проводов с изоляцией над плоскостью земли / **А. Алхадж Хасан**, Т.Р. Газизов // Дайджесты IEEE XXII международной конференции молодых специалистов в области электронных приборов и материалов (EDM 2021). – 2021. – С. 148–153.

9. **Алхадж Хасан, А.** Сравнение оценок излучаемых эмиссий структуры с модальным резервированием двумя подходами / **А. Алхадж Хасан**, Т.Р. Газизов // Дайджесты IEEE XXII международной конференции молодых специалистов в области электронных приборов и материалов (EDM 2021). – 2021. – С. 142–147.

10. Зиновьев, К.Е. Графический интерфейс для расчёта характеристик антенн при проводно-сеточной аппроксимации в системе TALGAT / К.Е. Зиновьев, А.А. Квасников, **А. Алхадж Хасан** // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2021. – № 1–2. – С. 11–12. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48165763>.

11. **Алхадж, Х. А.** Модифицированное правило равной площади для аппроксимации проводящих поверхностей сеткой из проводов при решении задач излучения / **Х.А. Алхадж** // САПР и моделирование в современной электронике : Сборник научных трудов V Международной научно-практической конференции, Брянск, 21–22 октября 2021 года. – Брянск: Новый формат, 2021. – С. 171–174. – DOI 10.30987/conferencearticle_61c997ef33ae75.50943664.

12. **Алхадж Хасан, А.** Тестовое моделирование диполей в системе TALGAT / **А. Алхадж Хасан**, С.П. Куксенко // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-27-2021): Доклады (материалы) 27-й международной научно-практической конференции, Томск, 16 ноября 2021 года. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2021. – С. 106–112. <https://elibrary.ru/item.asp?id=47572560>.

13. Каткова, М. И. Моделирование антенны в форме чайки методом моментов / М.И. Каткова, **А. Алхадж Хасан**, С.П. Куксенко // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-27-2021): Доклады

(материалы) 27-й международной научно-практической конференции, Томск, 16 ноября 2021 года. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2021. – С. 121–127. <https://elibrary.ru/item.asp?id=47572563>.

14. Алхадж Хасан, А. Особенности применения систем автоматизированного проектирования в ходе образовательного процесса / А. Алхадж Хасан, А.А. Квасников // Современное образование: интеграция образования, науки, бизнеса и власти : Материалы международной научно-методической конференции. В 2-х частях, Томск, 27–28 января 2022 года. Том Часть 1. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2022. – С. 108–111. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49282418>.

15. Каткова, М.И. Особенности метода MARCHING ON-IN-TIME / М.И. Каткова, А. Алхадж Хасан // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2022. – № 1–1. – С. 187–191. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49510113>.

16. Назаров, В. Способ моделирования электромагнитного поля проводящей поверхности разреженной проводной сеткой / В. Назаров, А. Алхадж Хасан // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2022. – № 1–1. – С. 192–195. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49510114>.

17. Зиновьев, К.Е. Разработка функционала импорта произвольных геометрических структур в системе TALGAT / К.Е. Зиновьев, А.А. Квасников, А. Алхадж Хасан // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2022. – № 1–1. – С. 259–262. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49510138>.

18. Алхадж Хасан, А. Влияние ширины опорного проводника на параметры структуры с модальным резервированием / А. Алхадж Хасан // 28-я Межд. науч.-практ. конф. «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (СИБРЕСУРС-28-2022). – 2022. – С. 108–116.

19. Алхадж Хасан, А. Виртуальные испытания структуры с модальным резервированием в системе TALGAT / А. Алхадж Хасан // 28-я Межд. науч.-практ. конф. «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (СИБРЕСУРС-28-2022). – 2022. – С. 102–107.

20. Алхадж Хасан, А. Квазистатическое моделирование мини-ТЕМ-камеры в системе TALGAT для испытания структур с модальным резервированием до частоты 5 ГГц / А. Алхадж Хасан // 28-я Межд. науч.-практ. конф. «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (СИБРЕСУРС-28-2022). – 2022. – С. 96–101.

21. Нгуен, М.Т. Коническая рупорная антенна, разреженная с помощью соединённой аппроксимации оптимальной токовой сеткой / М.Т. Нгуен, А. Алхадж Хасан // Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР 2023», Томск. – Томск: ТУСУР. – 2023. – Ч. 2. – С. 17–21. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54595025>.

22. Нгуен, М.Т. Оптимальные разреженные антенны с минимальной массой / М.Т. Нгуен, А. Алхадж Хасан // Международная научно-

техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР 2023», Томск. – Томск: ТУСУР. – 2023. – Ч. 2. – С. 26–30. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54595027>.

23. Нгуен, М.Т. Эквивалентная проводная сетка для развертываемой космической зеркальной антенны из композитных материалов / М.Т. Нгуен, **А. Алхадж Хасан** // Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР 2023», Томск. – Томск: ТУСУР. – 2023. – Ч. 2. – С. 22–25. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54595026>.

24. Гилева, А.Н. Обзор особенностей моделирования поверхностных антенн проводной сеткой / А.Н. Гилева, **А. Алхадж Хасан** // Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР 2023», Томск. – Томск: ТУСУР. – 2023. – Ч. 1. – С. 243–249. https://storage.tusur.ru/files/163622/2023_1.pdf.

25. Нгуен, М.Т. Оптимальные разреженные антенны с минимальными вычислительными затратами при моделировании / М.Т. Нгуен, **А. Алхадж Хасан** // XX Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук», Томск. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2023. – Т. 7. – С. 100–102. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54601513>.

26. Гилева, А.Н. Предварительное моделирование и перестроение проводной сетки рупорной антенны / А.Н. Гилева, **А. Алхадж Хасан** // XX Международной конференции «Перспективы развития фундаментальных наук». Томск, Россия. 25–28 апреля 2023, Изд-во Томского политехнического университета. – Т. 7. – С. 40–42. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54601494>.

27. Клюкин, Д.В. О точности расчета параметров и характеристик прямоугольной спиральной антенны методом моментов / Д.В. Клюкин, **А. Алхадж Хасан** // XX Международной конференции «Перспективы развития фундаментальных наук». Томск, Россия. 25–28 апреля 2023, Изд-во Томского политехнического университета. – Т. 7. – С. 73–75. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54601505>.

28. Нгуен, М.Т. Верификация модифицированного подхода к аппроксимации антенн проводной сеткой / М.Т. Нгуен, **А. Алхадж Хасан** // XXVIII Всероссийская открытая научная конференция «Распространение радиоволн», Йошкар-Ола. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 16–19 мая 2023. – С. 556–560. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54474370>.

29. Мочалов, Д.М. О точности моделирования радиотехнических характеристик планарных антенн методом моментов / Д.М. Мочалов, **А. Алхадж Хасан** // XXX Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «МИКРОЭЛЕКТРОНИКА и ИНФОРМАТИКА-2023». – 2023. – С. 194.

30. Нгуен, М.Т. Сравнительный анализ разных аппроксимаций для проектирования разреженных антенн / М.Т. Нгуен, **А. Алхадж Хасан** // Нанотехнологии. Информация. Радиотехника (НИР-23): материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Омск, 18

апреля 2023 года / Омский государственный технический университет. – Омск: Омский государственный технический университет. – 2023. – С. 213–218. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54343333>.

31. Клюкин, Д.В. О точности расчета характеристик антенны типа «бабочка» методом моментов / Д.В. Клюкин, А.А. Квасников, **А. Алхадж Хасан** // XII Всероссийская научно-техническая конференция «Электроника и микроэлектроника СВЧ». Санкт-Петербург, Россия, 29 мая–2 июня 2023 г. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54395908>.

32. Нгуен, М.Т. Об аппроксимации поверхности зеркальной антенны оптимальной токовой сеткой / М.Т. Нгуен, **А. Алхадж Хасан** // Национальная научно-практическая конференция молодых ученых, специалистов организаций «Техносферная и информационная безопасность», Тольятти. 13 апреля 2023. С. ?-?.

33. Мочалов, Д.М. О точности расчёта радиотехнических характеристик биконической антенны методом моментов / Д.М. Мочалов, **А. Алхадж Хасан** // Национальная научно-практическая конференция молодых ученых, специалистов организаций «Техносферная и информационная безопасность», Тольятти. 13 апреля 2023.

34. Зима, Е.А. Верификация моделирования измерительных дипольных антенн, используемых в приложении ЭМС / Е.А. Зима, **А. Алхадж Хасан** // Всероссийская научно-инженерная конференция имени профессора А.И. Комиссарова, Москва, Россия, 29 мая–01 июня 2023 г.

35. Зима, Е.А. Верификация моделирования проводной биконической антенны в системе TALGAT / Е.А. Зима, **Х.А.Ф. Алхадж** // Школа молодых новаторов: сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск. – Курск: ЗАО «Университетская книга». – 2023. – Т. 2. – С. 60–63. – DOI 10.47581/2023/ML-02/Zima.01.

36. Нгуен, М.Т. Сравнение эффективности электродинамических САПР, на примере дипольной антенны / М.Т. Нгуен, **А. Алхадж Хасан** // 4-й Международная научная конференция перспективных разработок молодых ученых «Школа молодых новаторов», Курск. – Курск: ЗАО «Университетская книга». – 2023. – Т. 2. – С. 84–87. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54156921&pff=1>.

37. Нгуен, М.Т. Использование проводной сетки при создании широкополосной рупорной антенны / М.Т. Нгуен, **А. Алхадж Хасан** // XII Всероссийская конференция «Актуальные проблемы прикладной математики и механики», посвященная памяти академика А.Ф. Сидорова, Джанхот. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2023 г. – С. 38–39. <https://elibrary.ru/item.asp?id=54496644&pff=1>.

38. Зима, Е.А. Верификация моделирования биконической антенны над идеально отражающей поверхностью земли / Е.А. Зима, **А.Ф. Алхадж Хасан** // Актуальные проблемы прикладной математики и механики: Тезисы докладов XII Всероссийской конференции с элементами школы молодых ученых, посвященной памяти академика А.Ф. Сидорова, Джанхот, 04–10 сентября 2023 года. – Екатеринбург: Институт математики и механики УрО

РАН им. Н.Н. Красовского. – 2023. – С. 18–19.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=54496623&pff=1>.

39. **Alhaj Hasan, A.F.** Exploring the impact of triple modal reservation on radiated emissions: experimental insights for PCB manufacturing / **A.F. Alhaj Hasan**, V.A. Semenyuk, T.R. Gazizov // VII Международная конференция "информационные технологии и технические средства управления" (ICST-2023). – 2023. P. 1–3.