

СТАНОВИЩЕ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор”
Професионално направление **5.3. Комуникационна и компютърна техника**
Научна специалност: **Компютърни системи, комплекси и мрежи**

Автор на дисертационния труд: **маг. Манол Стефанов Аврамов**

Тема на дисертационния труд: **„Изследване на антенни структури за захранване на възли в безжични персонални мрежи“**

Рецензент: **доц. д-р инж. Агата Христова Манолова, катедра „Радиокомуникации и видеотехнологии“, Факултет по телекомуникации, Технически университет - София**

Настоящото становище е изготвено в качеството ми на член на научно жури, назначено със Заповед **№498/04.03.2025** на Ректора на ЮЗУ „Неофит Рилски“.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение.

Разглежданият в дисертационния труд на маг. инж. Манол Аврамов проблем е безспорно с висока актуалност, както в научен, така и в научно-приложен аспект. Същността на изследването – антенни структури за безжично енергийно захранване на възли в безжични персонални мрежи – е в пълно съответствие със съвременните тенденции в развитието на телекомуникационните технологии, Internet of Things (IoT) и енергийната автономност на разпределени системи.

С нарастващата необходимост от осигуряване на надеждна свързаност между милиарди устройства, включително в среда с ограничен достъп до класически енергийни източници, енергийното самозахранване чрез радиочестотна енергия (RF energy harvesting) придобива все по-голямо значение. Разработката обхваща актуални аспекти на интеграция между антенни системи и ректени, като демонстрира методологичен и интердисциплинарен подход към проектирането на ефективни и миниатюрни структури за преобразуване на ЕМП в електрическа енергия.

Проблемът, заложен в дисертацията, има и висока практическа стойност, тъй като резултатите могат да бъдат приложени в съвременни комуникационни и сензорни системи, включително за преносима електроника, умни градове, автономни сензори в индустриална и медицинска среда. Всичко това подчертава значимостта на изследването, като го позиционира в ****ядрото на съвременната научна и инженерна проблематика**** в областта на телекомуникациите и микроелектрониката.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.

Докторантът демонстрира висока степен на запознатост със съвременното състояние на изследвания проблем, като е направил детайлен и систематизиран обзор на научната литература в областта на безжичните мрежи, антенните структури и специално тази за събиране на радиочестотна енергия. Анализирани са, както класически, така и най-нови публикации от реномирани научни издания и конференции, включително IEEE, Elsevier и други международно-признати източници.

В литературния преглед е отчетен както технологичният напредък в проектирането на ректени, така и актуалните предизвикателства, свързани с тяхната ефективност, честотен обхват, поляризационни характеристики и съвместимост с реални среди. Проследено е развитието на темата в контекста на новите поколения мобилни комуникации (5G/6G), както и на нуждите от миниатюризация и енергийна ефективност на IoT устройствата.

Особено впечатление прави подходът при интерпретацията на литературните източници. Вместо механично обобщаване, дисертантът идентифицира ключови насоки за развитие, противоречия в научната общност, както и ниши с недостатъчно изследване, което логично обосновава целите и задачите на дисертационната работа. В този смисъл литературният обзор е интегрална част от научния анализ, който подготвя основата за собствените изследвания на автора.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд.

Избраната в дисертационния труд методика е в пълно съответствие с формулираната цел и изследователски задачи, свързани с разработването и анализирането на антенни структури за безжично енергийно захранване на възли в персонални комуникационни мрежи. Подходът, базиран на комбинация от числено моделиране, параметрична оптимизация и експериментална верификация, е целенасочено подбран така, че да осигури задълбочено и обективно разглеждане на всеки от изследваните аспекти.

За изпълнение на поставените задачи са използвани съвременни симулационни платформи (HFSS, CST и др.), които позволяват анализ в широк честотен обхват и при различни гранични условия, което е критично важно при изследване на ректени системи и антенни елементи за енергийно събиране. Допълнително, експерименталната част на труда е използвана ефективно за валидиране на симулационните модели и за практическа оценка на проектираните структури.

Методиката е изградена така, че да дава възможност за сравнение между различни топологии, геометрии и параметри на антените и ректените, като се отчита влиянието на околната среда и честотата на работа. Това потвърждава добрата съгласуваност между избраните средства и методи на изследване и целенасоченото решаване на задачите, заложи в дисертационната работа.

4. Научни и/или научно-приложни приноси на дисертационния труд.

Дисертационният труд съдържа ясно изразени научни и научно-приложни приноси, които допринасят за развитието на знанията в областта на антенните структури и безжичните енергийни системи, с акцент върху радиочестотното събиране на енергия за захранване на възли в персонални мрежи.

Сред основните приноси на разработката могат да бъдат открити:

- Разработване и оптимизация на компактни антенни структури, предназначени за работа в 2,40 GHz – 2,48 GHz честотен обхват (Industrial, Scientific, and Medical -ISM), с подобрени параметри на усилване, насоченост и съгласуваност.
- Създаване и анализ на ефективни ректени топологии за преобразуване на радиочестотна енергия, с акцент върху миниатюризация, широколентовост и висока ефективност при ниски нива на входна мощност.

- Изграждане на методика за оценка на ефективността на безжично енергийно хранване, базирана на реалистични условия на излъчване и приемане, като се отчита влиянието на разстоянието, ориентацията и околната среда.
- Предложение за нови конструкции и конфигурации на антенни масиви, съвместими със съвременни технологии за IoT и 5G, които позволяват интеграция в ограничени пространства и върху различни носещи среди.
- Експериментална реализация и верификация на симулационните модели, което потвърждава приложимостта на получените резултати и осигурява възможности за внедряване в реални приложения.

Приносите на труда са добре аргументирани, ясно формулирани и подкрепени с резултати от симулации и експерименти, които демонстрират висока степен на иновативност и практическа приложимост. Те отговарят на критериите за оригиналност и обогатяват съществуващата научна литература в разглежданата област.

5. Мнение за публикациите по темата на дисертационния труд.

Публикациите на докторанта, свързани с темата на дисертационния труд, са достатъчни като бройка по изисквания на ЗРАСПБ и неговите приложения и отразяват основните резултати от изследванията, представени в дисертационния труд. Авторът има общо **четири публикации**, свързани с дисертационния труд, като в една от тях ([A1]) е самостоятелен автор, а останалите са в съавторство с научния ръководител и изследователски екип. Публикацията [A1] е на български език и е представена на международна конференция за млади учени, докато останалите три ([A2], [A3], [A4]) са на английски и са представени на форуми с международно участие – TELECOM'2019, ELECTRONICA'2022 и ELECTRONICA'2023. Две от статиите ([A3], [A4]) са индексирани в база данни Scopus, където са отчетени **три цитирания на [A3] и едно на [A4]**.

Публикациите отразяват ключовите етапи на разработката – от обосновката на научния проблем и избора на методи, през симулационните изследвания, до експерименталната верификация на предложените решения.

Съществено е, че основните научни и научно-приложни приноси на дисертацията са представени в научни публикации, което удостоверява тяхната оригиналност и значимост, както и отговаря на изискванията за заемане на образователната и научна степен „доктор“.

6. Мнения, препоръки и бележки.

Дисертационният труд е добре структуриран, съдържателен и аргументиран. Изследването е актуално, методически обосновано и демонстрира задълбочено разбиране на проблематиката в областта на антенните структури и безжичното събиране на енергия. Поставените цели са ясно дефинирани, а задачите са последователно изпълнени. Представените резултати са достоверни, подкрепени с симулации и експериментални данни, и са логично интерпретирани.

Работата демонстрира както теоретична дълбочина, така и приложна насоченост. Авторът аргументирано предлага технически решения, които биха могли да намерят реално приложение в системи с ниска консумация на енергия – особено в контекста на IoT, 5G и автономни сензорни възли.

Препоръки и бележки:

- При бъдещо развитие на изследването би било полезно да се анализират по-широки честотни диапазони и сценарии за мултистандартни или адаптивни ректени.

-Може да се разгледат и влиянията от различни типове околна среда, включително урбанизирана среда и вътре в жилищно пространство.

Отбелязаните препоръки нямат съществено въздействие върху общата научна стойност на труда, който отговаря на изискванията за присъждане на образователната и научна степен „доктор“.

7. Заключение и оценка на дисертационния труд.

В представения дисертационен труд са изложени изследвания с ясно изразен научен, научно-приложен и практически принос. Считаю, че както самата дисертация, така и свързаните с нея авторски публикации притежават необходимите качества и отговарят в пълна степен на изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България и неговия Правилник за прилагане. Общата ми оценка за разработката е положителна, поради което предлагам на уважаемото Научно жури да присъди на маг. Манол Стефанов Аврамов образователната и научна степен „доктор“ в професионално направление 5.3. Компютърна и комуникационна техника, научна специалност „Компютърни системи, комплекси и мрежи“.

Дата: 04.04.2025 г.

ЧЛЕН НА НАУЧНОТО ЖУРИ:

/доц. д-р инж. Агата Манолова/

OPINION

on doctoral thesis for acquiring of an educational and scientific degree "**Doctor**"

Professional field **5.3. Communication and Computer Engineering**

Scientific Specialty: Computer Systems, Complexes and Networks

Author of the dissertation: **Manol Stefanov Avramov, M.Sc.**

Title of the dissertation: **Study of Antenna Structures for Powering Nodes in Wireless Personal Area Networks**

Reviewer: **Assoc. Prof. Eng. Agata Hristova Manolova, PhD**

Department of Radiocommunications and Video Technologies, Faculty of Telecommunications, Technical University of Sofia

This opinion is prepared in my capacity as a member of the academic jury appointed by Order No. 498/04.03.2025 of the Rector of South-West University "Neofit Rilski".

1. Relevance of the problem developed in the dissertation in scientific and scientific-applied terms

The problem examined in the dissertation of Manol Avramov, M.Sc. is undoubtedly highly relevant, both from scientific and applied perspectives. The core subject of the research—antenna structures for wireless energy powering of nodes in wireless personal area networks—is fully aligned with modern trends in telecommunications, the Internet of Things (IoT), and energy autonomy in distributed systems.

With the growing need for reliable connectivity among billions of devices, especially in environments with limited access to traditional energy sources, RF energy harvesting is becoming increasingly important. The dissertation addresses up-to-date aspects of the integration of antenna systems and rectennas, demonstrating a methodological and interdisciplinary approach to the design of efficient and miniaturized structures for converting electromagnetic energy into electrical power.

The research problem also has significant practical value, as the results can be applied in modern communication and sensor systems, including portable electronics, smart cities, and autonomous sensors in industrial and medical environments. This highlights the importance of the study, placing it at the **core of current scientific and engineering challenges** in the fields of telecommunications and microelectronics.

2. Degree of topic knowledge and creative interpretation of the literary material.

The doctoral candidate demonstrates a high level of familiarity with the current state of the researched topic, having conducted a detailed and systematic review of the scientific literature in the fields of wireless networks, antenna structures, and RF energy harvesting. Both classic and recent publications from reputable scientific journals and conferences, including IEEE, Elsevier, and other internationally recognized sources, are analyzed.

The literature review considers both technological advancements in rectenna design and current challenges such as efficiency, bandwidth, polarization characteristics, and real-world compatibility. The development of the topic is tracked in the context of emerging generations of mobile communications (5G/6G) and the demands for miniaturization and energy efficiency in IoT devices.

The approach to interpreting the literature is particularly noteworthy. Rather than a mechanical summary, the candidate identifies key development directions, scientific contradictions, and

underexplored niches, which logically underpin the goals and tasks of the dissertation. Thus, the literature review is an integral part of the scientific analysis and provides a foundation for the author's original research.

3. Consistency of the selected research methodology with the dissertation goal and tasks.

The methodology chosen in the dissertation is fully appropriate for the formulated goal and research objectives, focusing on the development and analysis of antenna structures for wireless energy powering in personal communication networks. The approach—based on a combination of numerical modeling, parametric optimization, and experimental verification—is deliberately selected to ensure thorough and objective examination of each aspect under study.

State-of-the-art simulation platforms (HFSS, CST, etc.) are employed to perform analyses over a wide frequency range and under varying boundary conditions—critical for studying rectenna systems and antenna elements for energy harvesting. Furthermore, the experimental section is effectively used to validate the simulation models and assess the practical performance of the proposed structures.

The methodology allows for comparison among different topologies, geometries, and antenna/rectenna parameters, taking into account environmental influences and operational frequencies. This confirms the strong alignment between the research tools and methods and the purposeful resolution of the dissertation's set tasks.

4. Scientific and/or applied research contributions of the dissertation.

The dissertation includes clearly defined scientific and applied contributions that advance knowledge in the areas of antenna structures and wireless power systems, with a focus on RF energy harvesting for powering nodes in personal networks.

Key contributions include:

- Development and optimization of compact antenna structures operating in the 2.40 GHz–2.48 GHz ISM band, with improved gain, directionality, and impedance matching;
- Design and analysis of effective rectenna topologies for RF energy conversion, emphasizing miniaturization, wideband performance, and high efficiency at low input power levels;
- Creation of a methodology for evaluating the efficiency of wireless power transfer under realistic transmission and reception conditions, accounting for distance, orientation, and environment;
- Proposal of new antenna array configurations compatible with modern IoT and 5G technologies, suitable for integration in confined spaces and on various supporting materials;
- Experimental realization and validation of the simulation models, confirming the applicability of the results and enabling real-world deployment.

These contributions are well-argued, clearly formulated, and supported by simulation and experimental data, demonstrating a high degree of innovation and practical applicability. They meet the criteria for originality and enrich the existing scientific literature in the research area.

5. Assessment of dissertation publications.

The doctoral candidate's publications related to the dissertation topic are sufficient in number according to the requirements of the Bulgarian Law on the Development of Academic Staff and

its Regulations. The author has a total of four publications relevant to the dissertation, one of which ([A1]) is single-authored, while the others are co-authored with the academic supervisor and research team.

Publication [A1] is in Bulgarian and was presented at an international conference for young scientists. The other three ([A2], [A3], [A4]) are in English and were presented at international forums—TELECOM'2019, ELECTRONICA'2022, and ELECTRONICA'2023. Two of the papers ([A3], [A4]) are indexed in the Scopus database, with three citations for [A3] and one for [A4].

The publications reflect key stages of the research—from the formulation of the problem and methodology, through simulation studies, to experimental validation of the proposed solutions. Importantly, the main scientific and applied contributions of the dissertation are presented in scientific publications, which confirms their originality and significance and meets the criteria for obtaining the “Doctor” degree.

6. Comments, recommendations, and remarks.

The dissertation is well-structured, substantial, and well-argued. The research is current, methodologically sound, and demonstrates a deep understanding of the issues surrounding antenna structures and wireless energy harvesting. The stated objectives are clearly defined, and the tasks are consistently addressed. The presented results are credible, supported by simulations and experimental data, and logically interpreted.

The work demonstrates both theoretical depth and applied relevance. The author presents well-reasoned technical solutions that could find real-world applications in low-power systems—particularly in the context of IoT, 5G, and autonomous sensor nodes.

Recommendations and remarks:

- For future research, it would be beneficial to analyze wider frequency ranges and scenarios involving multi-standard or adaptive rectennas;
- The impact of different types of environments, including urban and indoor spaces, could also be considered.

These recommendations do not significantly impact the overall scientific value of the dissertation, which meets the requirements for awarding the educational and scientific degree “Doctor.”

7. Conclusion and Evaluation of the Dissertation

The dissertation presents research with clearly expressed scientific, scientific-applied, and applied contributions. I believe that the dissertation and the related publications possess the necessary qualities and fully comply with the requirements of the Law on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria and its Implementation Regulations.

My overall assessment of the work is positive, and I therefore propose to the respected Scientific Jury to award M.Sc. Manol Stefanov Avramov with the educational and scientific degree “Doctor” in professional field 5.3. Computer and communication engineering, scientific specialty “Computer systems, complexes and networks”.

Date: 04.04.2025

MEMBER OF THE SCIENTIFIC JURY:

/Assoc. Prof. Eng. Agata Manolova, PhD/