

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. Камелия Симеонова Николова, катедра „Комуникационни мрежи“, 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.

Дисертационният труд е изключително актуален както в научно, така и в научно-приложно отношение. С развитието на безжичните комуникации, особено в контекста на 5G, бъдещите 6G технологии и Интернет на нещата (IoT), ефективното безжично захранване на мрежовите възли става все по-важно. Очаква се до 2030 г. броят на свързаните IoT устройства в глобален мащаб да достигнат над 100 милиарда, което ще доведе до значително нарастване на потреблението на енергия. Този ръст налага търсенето на алтернативни източници на захранване за безжичните мрежи, което прави темата на дисертацията особено актуална. В научно отношение изследването допринася за развитието на антенните технологии и ректените (rectifying antennas), които предлагат иновативен метод за приемане и преобразуване на електромагнитна енергия. Това е от съществено значение за подобряване на енергийната ефективност на безжичните устройства. В научно-приложно отношение изследването намира широк спектър от потенциални приложения – от индустриални IoT решения и интелигентни сензорни мрежи до оптимизация на енергопотреблението в безжичните комуникационни системи. Всички тези фактори доказват актуалността на изследването и неговия потенциал за принос както в научен, така и в научно-приложен аспект.

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

В дисертационния труд са използвани 127 литературни източника, на база които е направено въведение в тематиката и е поставен акцент върху основните проблеми при проектирането и изследването на антенни структури за приемане и преобразуване на електромагнитните полета от изкуствени източници и възможностите за използването им за захранване на възли в безжични персонални мрежи. Направен е анализ на съществуващите подходи за проектиране на антенна структура и възможността им да бъдат използвани в приложения за безжични персонални мрежи. Въз основа на този анализ е дефинирана основата цел на дисертационния труд, която се свежда до разработване на нови методологии за проектиране и за характеризиране на ректени за захранване на комуникационни възли в безжични персонални мрежи. За реализирането ѝ са дефинирани и впоследствие решени четири конкретни задачи.

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

Считам, че избраната методика на изследване напълно съответства на поставената цел и задачи на дисертационния труд. Разработената методология за физическо проектиране, представена като алгоритъм осигурява систематичен и обоснован подход за изследване, проектиране и оптимизация на антенните структури. Този подход осигурява висока точност при симулациите и моделирането, което е от съществено значение за валидирането на разработените антенни структури. Използвани са още симулационно моделиране, числени методи и метод на широколентово измерване като е отчетена спецификата на избраната научно-изследователска област. Предложената методология е апробирана чрез изследване на основните параметри на три антенни структури. Представените графични резултати потвърждават адекватността на избраната методика.

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

Предоставеният ми за становище дисертационен труд безспорно съдържа научни, научно-приложни и приложни приноси. Въз основа на проведените в дисертационния труд експерименти и анализът на получените резултати могат да се формулират следните основни приноси:

1. Разработена е методология за проектиране на ректени, демонстрирана чрез алгоритъм, която позволява да се отчетат специфичните особености при комуникационните възли, работещи в персонални мрежи, изградени по стандарти IEEE 802.15.1, IEEE 802.15.4 или IEEE 802.15.6. (научен принос)

2. Предложена е методология, която позволява да се осъществи оценка на основните параметри и характеристики на отделните елементи на ректена, възпроизводимост и повторяемост на резултатите от измерване. (научен принос)

3. Предложена е постановка за оценка на интензитета на електрическото поле от изкуствени източници в градска среда, позволяваща повторимост и сравнимост на резултатите от измерване. Постановката е апробирана и резултатите от измерване са представени. (научно-приложен принос)

4. Проектирани и изследвани са две нови антенни структури върху гъвкави подложки за ректени за захранване на комуникационни възли в безжични персонални мрежи. (научно-приложен принос)

5. Въз основа на предложената методология са характеризирани предложените две нови антенни структури върху гъвкави подложки за ректени за захранване на комуникационни възли в безжични персонални мрежи, както и една диполна антена върху трислойна подложка. (приложен принос)

5. Мнение за публикациите по темата на дисертационния труд.

Броят на авторските публикации, отразяващи постиженията в дисертационния труд, са четири като в една от тях [A1] маг. Манол Аврамов е самостоятелен автор, а в останалите е в съавторство с научния си ръководител и екип от изследователи. Една от публикациите [A1] е на български език и е представена на международна научна конференция за млади учени. Три от публикациите са на английски език [A2][A3][A4] и са представени на национални конференции с международно участие TELECOM'2019, ELECTRONICA'2022 и ELECTRONICA'2023. Две от публикациите [A3][A4] са индексирани в научна база данни Scopus. Като се изключат самоцитиранията на автора и неговите съавтори към настоящия момент са налични 3 цитирания за публикация [A3] и едно за публикация [A4], като всичките цитирания са в база данни Scopus.

6. Мнения, препоръки и бележки.

Дисертационният труд е добре оформен и структуриран. Нямам съществени забележки.

7. Заключение и оценка на дисертационния труд.

В дисертационния труд са представени изследвания, които имат безспорен научен, научно-приложен и приложен принос. Смятам че както дисертацията, така и авторските научни публикации имат всички достойнства и напълно отговарят на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за прилагането му. Общата ми оценка за дисертационния труд е положителна. Това ми дава основание да предложа 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: 03.04.2025 г.

ЧЛЕН НА НАУЧНОТО ЖУРИ:

/доц. д-р инж. Камелия Николова/

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, MSc.**

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

Reviewer: **Assoc. Prof. Eng. Kamelia Simeonova Nikolova, PhD,**

Department of Communication Networks, Faculty of Telecommunications, Technical University - 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 dissertation is extremely relevant both scientifically and in terms of practical applications. With the development of wireless communications—especially in the context of 5G, upcoming 6G technologies, and the Internet of Things (IoT)—the effective wireless powering of network nodes becomes increasingly important. It is expected that by 2030, the number of connected IoT devices worldwide will exceed 100 billion, which will significantly increase energy consumption. This growth necessitates the search for alternative power sources for wireless networks, making the topic of the dissertation particularly timely. Scientifically, the research contributes to the development of antenna technologies and rectennas (rectifying antennas), which offer an innovative method for receiving and converting electromagnetic energy. This is essential for improving the energy efficiency of wireless devices. From a scientific and practical standpoint, the study has a wide range of potential applications—from industrial IoT solutions and smart sensor networks to optimizing energy consumption in wireless communication systems. All these factors confirm the relevance of the study and its potential contribution to both scientific research and practical implementation.

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

The dissertation uses 127 literature sources, based on which an introduction to the topic is made, emphasizing key problems in the design and study of antenna structures for receiving and converting electromagnetic fields from artificial sources and their possible application in powering nodes in wireless personal area networks. An analysis of existing approaches to antenna structure design and their applicability in wireless personal networks is provided. Based on this analysis, the main goal of the dissertation is defined—developing new methodologies for the design and characterization of rectennas to power communication nodes in wireless personal networks. To achieve this, four specific tasks are defined and subsequently addressed.

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

I believe that the selected research methodology fully corresponds to the stated aim and tasks of the dissertation. The developed physical design methodology, presented as an algorithm, ensures a systematic and well-grounded approach to the investigation, design, and optimization of antenna structures. This approach provides high accuracy in simulations and modeling, which is crucial for validating the developed antenna structures. Additionally, simulation modeling, numerical methods, and the wideband measurement method are applied, taking into account the specifics of the chosen research area. The proposed methodology is validated by investigating the main parameters of three antenna structures. The presented graphical results confirm the adequacy of the chosen methodology.

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

The submitted dissertation undoubtedly contains scientific, scientific-applied research, and applied contributions. Based on the conducted experiments and the analysis of the obtained results, the following main contributions can be formulated:

1. A rectenna design methodology is developed, demonstrated through an algorithm that takes into account the specific characteristics of communication nodes operating in personal area networks built on IEEE 802.15.1, IEEE 802.15.4, or IEEE 802.15.6 standards. (scientific contribution)
2. A methodology is proposed for evaluating the main parameters and characteristics of individual rectenna elements, including reproducibility and repeatability of measurement results. (scientific contribution)
3. A setup is proposed for evaluating the electric field intensity from artificial sources in an urban environment, ensuring repeatability and comparability of measurement results. The setup is validated and measurement results are presented. (scientific-applied contribution)
4. Two new antenna structures on flexible substrates are designed and studied for rectennas used in powering communication nodes in wireless personal area networks. (scientific-applied contribution)
5. Based on the proposed methodology, the two new antenna structures on flexible substrates and one dipole antenna on a three-layer substrate are characterized. (applied contribution)

5. Assessment of dissertation publications.

The number of author publications reflecting the achievements of the dissertation is four. In one of them [A1], Manol Avramov, MSc. is the sole author, while in the others, he is co-author with his scientific advisor and a research team. One of the publications [A1] is in Bulgarian and was presented at an International scientific conference for young researchers. Three of the publications are in English [A2][A3][A4] and were presented at national conferences with international participation: TELECOM'2019, ELECTRONICA'2022, and ELECTRONICA'2023. Two of the publications [A3][A4] are indexed in the Scopus scientific database. Excluding self-citations, there are currently 3 citations for publication [A3] and one for [A4], all of which are found in the Scopus database.

6. Comments, recommendations, and remarks.

The dissertation is well-formatted and well-structured. I have no significant comments.

7. Conclusion and dissertation assessment

The dissertation presents research that has an indisputable scientific, scientific-applied, and applied contribution. I believe that both the dissertation and the author's scientific publications have all the merits and fully meet the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the Regulations for its Application. My overall assessment of the dissertation work is positive. This gives me reason to 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: 03.04.2025

MEMBER OF THE SCIENTIFIC COMMITTEE:

/Assoc. Prof. Eng. Kamelia Nikolova, PhD/