

## РЕЦЕНЗИЯ

от доц. д-р инж. Радослава Николова Габрова,  
Университет по хранителни технологии, Пловдив

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор“

в област на висше образование 5 *Технически науки*

професионално направление 5.3. *Комуникационна и компютърна техника*

докторска програма „*Автоматизация на области от нематериалната сфера (медицина, просвета, наука, административна дейност и др.)*“

**Автор:** *маг. инж. Станислав Митков Асенов*

**Тема:** *“Проектиране, изследване и оптимизиране на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия”*

**Научен ръководител:** *доц. д-р Димитър Михайлов Токмаков - ПУ „Паисий Хилендарски“*

### 1. **Общо описание на представените материали**

Със заповед № Р33-3478 от 19.07.2021.г. на Ректора на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“ (ПУ) съм определена за член на научното жури по процедура за защита на дисертационен труд на маг. инж. Станислав Митков Асенов на тема “Проектиране, изследване и оптимизиране на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия”, представен за придобиване на образователната и научна степен “доктор” в област на висше образование 5 Технически науки, професионално направление 5.3. Комуникационна и компютърна техника, докторска програма „Автоматизация на области от нематериалната сфера (медицина, просвета, наука, административна дейност и др.). Обучението на докторанта маг. инж. Станислав Митков Асенов се е провело в редовна форма към катедра “Електроника, комуникации и информационни технологии“ (ЕКИТ) при Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“ и с научен ръководител доц. д-р инж. Димитър Михайлов Токмаков, член на академичния състав на цитираното първично звено.

Представеният от маг. инж. Станислав Митков Асенов комплект материали на хартиен носител е в съответствие с Чл.36 (1) от Правилника за развитие на академичния състав на ПУ и включва следните документи:

- Молба до Ректора на ПУ вх. № К1-62/20.07.2021 г за разкриване на процедурата за защита на дисертационен труд;
- Автобиография в европейски формат;

- Препис-извлечение от Протокол от Катедрен съвет при катедра ЕКИТ (ПУ) № 31/30.06.2021, т. 1 Предварително обсъждане на дисертационен труд на Станислав Асенов;
- Дисертационен труд в обем от 165 стр.;
- Автореферат в обем 32 стр.;
- Списък на научните публикации по темата на дисертацията – 8 броя научни публикации;
- Копия на представените по процедурата 8 научни публикации;
- Списък на забелязани цитирания – 7 броя;
- Декларация за оригиналност и достоверност на приложените документи.

## **2. Кратки биографични данни за докторанта**

Съгласно представената автобиография, докторант маг. инж. Станислав Митков Асенов през 2006 г. е завършил средно специално образование със специалност Електронно-изчислителна техника в Професионална гимназия по техника и технологии „Христо Ботев” – гр. Смолян. През 2010 г. продобива ОКС „бакалавър“ по специалност „Компютърни системи и технологии“ в Технически университет София, филиал Пловдив, а през 2014 г. получава ОКС „магистър“ по същата специалност в Университет по храниетлни технологии, Пловдив.

Със заповед № Р33-573 от 01.02.2019 г. на Ректора на Пловдивски университет „Паисий Хилендарски” (ПУ) е зачислен в докторантура.

Трудовата му дейност започва като учител по специални дисциплини в направление „Компютърни системи“ в ПГТТ „Христо Ботев“, Смолян, а от 2017 г. до момента работи като асистент във Физико-технологичен факултет към ПУ „Паисий Хилендарски“, филиал Смолян.

Притежава компетенции по програмиране, база данни, компютърни мрежи и др. обалсти от компютърните науки.

## **3. Актуалност на тематиката и целесъобразност на поставените цели и задачи**

С развитието на техниката и технологиите през последните години безжичните сензорни мрежи възбуждат все по-голям интерес от специалистите с оглед на тяхното практическо приложение. Използването на безжичните сензорни мрежи дава нов подход към задача за измерване и контрол – позволяват лесно измерване на физични величини, като температура, влажност, налягане и др., особено на трудно достъпни, отдалечени или опасни места, чрез

използване на безжичната архитектура. Тяхната гъвкавост, дава възможност и за интеграция към вече съществуващи измервателни системни решения.

Безжичните сензори са един от основните блокове на безжичните сензорни мрежи. Тяхното все по-широко използване в съвременните технологии налага търсенето на непрекъснато усъвършенстване, което следва да се базира на задълбочени теоритични анализи на проблемите и търсене на практически решения. Един от основните проблеми при безжичните устройства е необходимостта от автономен хранващ източник, като този проблем става още по-сложен с изискванията за малки размери на сензорите, респективно - малки размери на батериите. Това води до изискване безжичните сензори да работят при много строги ограничения по отношение на консумираната енергия с цел по-дълъг живот на сензора.

Представеният дисертационен труд е свързан с проектиране, изследване и оптимизиране на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия и по-конкретно с предлагане на методи и апаратни решения за оптимизиране на консумираната от тях енергия.

От изложеното и от представената разработка може да се направи заключение, че рецензираният дисертационен труд е свързан с актуален проблем в научно и научно-приложно отношение.

Основната цел на изследването, формулирана в дисертацията е „да се проектират, изследват и оптимизират безжични сензорни възли чрез прилагане на нови подходи и технологични решения, водещи до намаляване на консумираната от тях енергия“.

За постигане на поставената цел докторантът е формулирал четири задачи, отговарящи на основните задачи във всяко едно научно изследване – анализ на проблема, предлагане на решение и експериментална обосновка и анализ за приложимост на предлаганите решения, както следва:

1. Проучване на съществуващите методи и средства за минимизиране на енергопотреблението от безжичните сензорни възли.
2. Създаване и изследване на енергийно ефективен модел на LoRaWAN безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия.
3. Проектиране, изследване и оптимизиране на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия, хардуерно и софтуерно обезпечени, включващи в архитектурата си съвременни мощни и нискоенергийни микроконтролери.
4. Проектиране и изследване на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия с харвестърни системи и безбатерийни хранвания.

#### **4. Познаване на проблема**

В литературният обзор, докторантът е разгледал съвременното състояние на проблема и е проучил съществуващите технологии и съвременни методи за реализация на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия. Запознал се е с основните резултати в областта, като е разгледал видовете безжичните сензорни възли с ниска консумация по отношение на архитектурни особености, технологиите за предаване, източниците на захранване и е анализирал показателите за енергийна ефективност и консумация. Докторантът е проучил моделите на консумацията на енергия от различните IoT технологии, като е фокусирано върху енергийните модели на LPSAN и LPWAN технологиите. Направил е класификация на прилаганите техники за осигуряване на енергийна ефективност на работата на безжичните сензори.

От направеното литературно проучване докторантът е открил проблеми, свързани с противоречие между изискването за автономност на безжичните сензори и тяхното ограниченото захранване и на тази база е дефинирал необходимостта от разработване на нови методи и технологични решения, водещи до намаляване на консумираната енергия от крайните възли.

Направеният обстоен литературен преглед на проблема е дал възможност на докторанта да получи едно добро и задълбочено познаване на проучваната проблематика и на базата на това правилно да формулира целта и задачите на дисертационния труд.

Литературната справка на докторанта се състои от 165 източника, като всички са на английски език, което показва, че е запознат със световните тенденции в направлението на безжичните сензори.

#### **5. Методика на изследването**

Във връзка с изпълнение на формулираната цел на дисертационния труд, за решаване на поствените задачи докторантът е използвал различни теоритични и практически подходи и методики. Обектът на изследването е безжичния сензорен възел, като основен елемент от безжичните сензорни мрежи, а предмета на изследване е неговата енергийна ефективност, т.е. възможностите за редукция на консумацията на енергия.

Методически докторантът маг. инж. Станислав Асенов правилно е структурирал своята работа, като е спазил етапите, характерни за всяко научно изследване.

Първа глава е посвета на първият етап на всяко изследване, който е анализ на проблема. Тя включва литературен обзор на проблематиката, формулиране на целта и задачите.

Следващите втора, трета и четвърта глави са свързани с по една от задачите – съответно с втора, трета и четвърта задачи. Всяка от тези глави е структурирана съгласно необходимостта от наличие на другите три важни етапа на изследването – идеи за решаване на проблема, реализация на идеите и провеждане на експерименти и анализ на получените резултати.

Във втора глава са определени и изследвани параметрите, влияещи върху консумираната енергия от безжичните LoRaWAN сензорни възли и е предложен, реализиран и изследван енергийно по-ефективен LoRaWAN алгоритъм.

В трета глава са проектирани, реализирани и изследвани четири апаратни и програмни решения за безжични сензорни възли, оптимизиращи консумацията на енергия, като за анализ на резултатите се извършва сравнение с конвекционалните им реализации.

В четвърта глава са предложени и изследвани: математически модел за определяне на стойностите на капацитетите на кондензаторите в зависимост от големината на харвестърния ток; симулационен модел на безбатериен сензорен възел, разработен в средата на MATLAB; два безбатериен безжични LoRaWAN крайни сензорни възли за IoT приложения.

Докторантът е демонстрирал възможности за справяне с широкоспектърни и комплексни задачи, което е свидетелство за задълбочена подготовка. Използваната методология на работа е правилно подбрана в съответствие с решаване на поставените задачи и постигане на целта.

Следователно, от методическа гледна точка, в своята разработка докторантът е демонстрирал необходимата научна култура и професионални умения.

## **6. Характеристика и оценка на дисертационния труд**

Представеният за рецензиране дисертационен труд е с общ обем от 165 страници и съдържа 96 фигури (снимки, схеми, графики), 26 таблици и 47 формули. Използвани са 165 литературни източници, като всички са на английски език. Дисертационен труд е съставен от увод, четири глави, обобщение на резултатите, приноси на дисертационния труд, списък с научни трудове по дисертационния труд, апробация, цитирания и използвана литература. Дисертацията е оформена съгласно изискванията, фигурите са ясни и разбираеми с подходящ размер. Съдържанието и текста са добре структурирани.

Дисертационното изследване е проведено в рамките на докторантска програма към катедра ЕКИТ на ПУ, на базата на която са извършени и основните проучвателни, проектни и експериментални дейности. Докторантът е участвал в три проекта с тематики, свързани с областта на дисертацията – в един проект към ФНИ при ВУ на докторантурата и в два проекта по Национална програма „Млади учени и постдокторанти“.

В дисертационния труд са предложени, разработени и изследвани различни модели и схемни решения за безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия. Направени са анализи за ефективността на предложените средства, които в голяма степен потвърждават адекватността на предложените решения.

Част от получените резултати са представени на специализирани научни форуми, като маг. инж. Станислав Асенов е представил осем научни труда, като шест от тях са в научни издания, реферирани и индексирани в Web of Science и Scopus.

## **7. Приноси и значимост на разработката за науката и практиката**

В представения дисертационен труд има съответствие между целта, поставените задачи за нейното реализиране и представените резултати от проведените теоретични и експериментални разработки и по същество работата съдържа резултати, които могат да се определят като научно-приложни и приложни приноси.

В края на всяка от основните глави (втора, трета и четвърта) е направено заключение за полезността и ефективността на предложените решения и са формулирани приноси от разработките по конкретния раздел.

В края на дисертацията приносите са обединени в общ списък, като са разделени в две категории – научно-приложни и приложни. Считаю, че представените от докторанта претенции с класификация на приносите, отговарят и детайлизират получените резултати, съобразно спецификата на тяхната значимост.

Формулирани са четири научно-приложните приноси, които се отнасят до:

- разработване и реализиране на енергийно ефективен LoRaWAN протокол, осигуряващ редуциране на консумираната енергия;
- разработване на математически модел на енергийния жизнен цикъл на безбатериен безжичен сензорен възел;
- създаване на симулационен модел на безбатериен сензорен възел;
- предложения за иновативни схемни решения за намляване на консумацията на енергия на LoRaWAN безжични сензорни възли в нискоенергиен режим.

Представените в дисертацията шест приложните приноси могат да се обобщят до:

- определяне на параметрите, влияещи върху консумираната енергия от безжичните LoRaWAN сензорни възли;
- проектиране, разработване и изследване на сензорни възли с ниска консумация на енергия, реализирани на базата на три различни микроконтролери ;

- разработване и изследване на два безбатерийни безжични LoRaWAN крайни сензорни възли.

Във връзка с все по-масовото навлизане на безжичните сензорни мрежи, считам че получените приноси могат да се определят като съществени за практика.

## **8. Преценка на публикациите по дисертационния труд**

Авторът е представил списък от 8 труда, сред които два са на български език и шест на английски. Има една самостоятелна публикация, седем в съавторство с научния си ръководител, като един от тях има още един съавтор. По тематики тези 8 публикации са свързани с тематиката на дисертацията.

Шест от публикациите са в научни издания, реферирани и индексирани в световно известните бази данни Web of Science или Scopus, като четири от тях са представени на National Conference with International Participation ELECTRONICA (две през 2020 г. и две през 2021 г. под печат), една – на National Conference with International Participation TELECOM 2020, една – на International Scientific Conference Electronics‘ 2019.

Две от публикациите са в реферирани издания – Научни трудове на Съюза на учените в България – Пловдив (една през 2020 г. и една през 2021 г. под печат).

Съгласно представената справка за цитирания за една от публикациите са забелязани шест цитирания, като три от тях са от чуждестранни учени.

Така представените данни ми дават основание да направя извода, че е осигурена необходимата публичност на изследванията в дисертационния труд.

## **9. Лично участие на докторанта**

От представените осем публикации по дисертационния труд и отразяващи в същество получените резултати от разработката, в шест докторатът е на първо място, а в една е самостоятелен автор. Това свидетелства за съществения принос на докторанта към получените резултати.

## **10. Автореферат**

Авторефератът е в обем от 32 стр. и достоверно отразява в резюмиран вид съдържанието на дисертационния труд, като съдържа обща характеристика на дисертационния труд, цел и задачи, резултати от литературното проучване, основните акценти от разработката на докторанта, представени във втора, трета и четвърта глави, основни приноси и научни трудове по дисертационния труд.

## 11. Критични забележки и препоръки

С част от представените от мен, в качеството на рецензент при процедурата по предварително обсъждане пред Разширения катедрен съвет към катедра ЕКИТ при ПУ, забележки и препоръки докторантът се е съобразил и са отразени в крайният вариант на дисертационният труд.

Работата само би спечелила, ако на места се дадат по-обстойни пояснения за определяне на някои параметри, за конкретни условия на провеждане на експериментите и мотиви за избора на елементите в предлаганите схемни решения.

Направените забележки в никакъв случай не омаловажават извършената в значителен обем изследователска дейност, а само могат да се разглеждат като препоръки и най-вече за бъдещата научна дейност на докторанта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационният труд представлява стойностен научен труд и докторантът е изпълнил поставените цел и задачи.

Дисертационният труд **съдържа оригинални научно-приложни и приложни резултати и отговаря на** изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и съответния Правилник на ПУ „Паисий Хилендарски“ за присъждане на ОНС „доктор“.

Дисертационният труд показва, че докторантът маг. инж. Станислав Митков Асенов **притежава** задълбочени теоретични знания и професионални умения по научна специалност 5.3 Комуникационна и компютърна техника, като **демонстрира** качества и умения за самостоятелно провеждане на научно изследване.

**Категорично давам своята положителна оценка на рецензирания дисертационен труд, представящ проведено изследване с оригинални постигнати резултати и приноси, и предлагам уважаемото научно жури да присъди ОНС „доктор“ на маг. инж. Станислав Митков Асенов в област на висше образование: 5 Технически науки, професионално направление 5.3 Комуникационна и компютърна техника, докторска програма „Автоматизация на области от нематериалната сфера (медицина, просвета, наука, административна дейност и др.)“.**

30.08.2021 г.

Рецензент: .....

(доц. д-р инж. Радослава Габрова)