

РЕЦЕНЗИЯ

от доц. д-р инж. Слави Ясенов Любомиров,
Пловдивски университет „Паисий Хилендарски”

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 инж. Димитър Михайлов Токмаков, ПУ „Паисий Хилендарски“.*

1. Общо описание на представените материали

Със заповед № Р33-3478 от 19.07.2021г. на Ректора на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски" (ПУ) съм определен за член на научното жури по процедура за защита на дисертационен труд на тема „Проектиране, изследване и оптимизиране на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия“ за придобиване на образователна 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 на дисертационния труд е маг. инж. Станислав Митков Асенов – докторант в редовна форма на обучение към катедра „Електроника, комуникации и информационни технологии“ с научен ръководител доц. д-р инж. Димитър Михайлов Токмаков от ПУ „Паисий Хилендарски“.

Представеният от маг. инж. Станислав Митков Асенов комплект материали, 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;
- автореферат в обем 32 стр.;
- списък на научните публикации по темата на дисертацията – 8 броя;
- списък на забелязани цитирания – 7 броя;
- декларация за оригиналност и достоверност на приложените документи.

2. Кратки биографични данни за докторанта

Докторантът 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“ в гр. Смолян. Придобива образователно квалификационна степен (ОКС) „бакалавър“ по специалност „Компютърни системи и технологии“ в Технически университет София, филиал Пловдив през 2010 г. ОКС „магистър“ по същата специалност получава през 2014 г. в Университет по хранителни технологии гр. Пловдив.

През 2019 г. е зачислен в докторантура със заповед №Р33-573 от 01.02.2019 г. на Ректора на Пловдивския университет „Паисий Хилендарски“.

Трудовата му дейност започва като учител по дисциплини в направление „Компютърни системи“ в ПГТТ „Христо Ботев“ в гр. Смолян. През 2017 г. постъпва като асистент във Физико-технологичния факултет към ПУ „Паисий Хилендарски“.

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

Темата на настоящия дисертационен труд се свързва с проектиране, изследване и оптимизиране на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия. Тя е конкретизирана върху методите и апаратните средства за оптимизиране на консумираната енергия от безжичните сензорни възли.

В последното десетилетие безжичните комуникационни мрежи станаха широко разпространени и научните изследвания се фокусираха върху ширококолентовите безжични мрежи. При решаването на много проблеми, свързани с индустриалния мониторинг, изграждането на системата „Умен дом“, разпределените системи за събиране на информация и други, мрежите с предаване на информация до 1 Mbit/s стават актуални.

През последните години се наблюдава стремеж да се постигне по-високо качество от гледна точка на доставки и услуги, които се предоставят от безжичните сензорни мрежи и

възли. Това е предпоставка за разширяване и внедряване на допълнителни нискоенергийни крайни сензорни възли към мрежите.

Обект на дисертационния труд са проектиране и изследване на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия, а предмет на дисертационният труд е оптимизацията на енергийното потребление на възлите.

Цялостното теоретично и практическо изследване, отразено в дисертационният труд е насочено към проектирането и реализирането на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия. Предложени са различни схемни решения и способи за намаляване на консумираната енергия от безжичните сензорни възли.

В този контекст, дисертационният труд е фокусиран върху въздействието на хардуера, софтуера и общата консумация на енергия на безжичните сензорни възли.

Рецензираният дисертационен труд е свързан с актуален проблем от аспект в научно и научно-приложно отношение.

Поставените задачи в дисертационния труд пряко кореспондират с основната цел. Представен е енергийно ефективен LoRaWAN протокол. Проектирането и изследването на безжичните сензорни възли с ниска консумация на енергия и проведените експериментални изследвания са от съществено значение.

Темата на дисертационният труд е актуална, тъй като е посветена на проблеми свързани с усъвършенстване на безжични сензорни възли, извършени експериментални изследвания на конвенционалните им реализации и на оптимизираните им апаратни и програмни решения, с цел постигане на ниска консумация на енергия и удължаване живота на хранващите им батерии.

Решението на тези проблеми е достатъчно сложна задача тъй като изисква прецизен избор на хардуерно и софтуерно обезпечаване и изследване в реални условия.

За актуалността на дисертационния труд говори и факта, че продължават да се представят значителен брой публикации по изследвания проблем. Всичко това определя актуалността на разработвания в дисертационен труд проблем. Тя е и от голяма значимост в глобален мащаб.

4. Познаване на проблема

Докторантът е проучил значителен обем на литературни източници, свързани с технологиите и методите за реализация на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия. В труда е направен анализ на съответната специализирана литература. Може да се направи оценката, че дисертантът пристъпва към формулиране на целта и произтичащите от нея

задачи след обстойно запознаване и критична оценка на научната информация от областта на разглеждания проблем.

Позованите 165 източници и постигнатите резултати са доказателство за доброто познаване на проблема и неговото творческо решаване.

5. Методика на изследването

Маг. инж. Станислав Митков Асенов подхожда методически правилно при провеждане на своите изследвания. Избраната методика на изследване от докторанта позволява постигане на поставената цел и получаване на адекватен отговор на задачите, решавани в дисертационния труд.

Проведени са множество измервания на консумацията на енергия на проектирани и реализирани безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия. Измерванията са проведени чрез използване на метода на директно измерване на ток, чрез осцилоскоп, който е с висок клас на точност. Избран е метод чрез използване на шунтиращ резистор за измерване на консумацията на енергия от безжичните сензорни възли. Измерва се консумацията на енергия за всяка фаза на активност на сензорния възел, тъй като фазите на активност и режимите на работа и консумация се определят от приложенията им.

В първа глава е проведеното литературно проучване и са дефинирани проблеми, формулирани са целта и задачите на дисертационния труд.

Във втора глава от дисертационния труд е представен оптимизиран енергиен модел на сензорни възли, използващи LoRa/LoRaWAN технологии. Този модел позволява анализ на различни режими и сценарии за конкретни приложения в Internet of Things, базирани на LoRaWAN клас А крайни устройства. Извършена е оценка на енергийната консумация на безжичен LoRaWAN сензорен възел, чрез различни сценарии на действие. Разработен е модел, който позволява да се изследва въздействието на хардуера и избора на софтуер върху автономността на възела.

В трета глава от дисертационния труд са представени проектираните, реализираните и изследваните: LoRaWAN безжичен сензорен възел с микроконтролер ATMEGA328, Wi-Fi безжичен сензорен възел с микроконтролер ESP8266, LoRaWAN безжичен сензорен възел с микроконтролер ATMEL SAMD21, с FRAM памет и TPL5110 нано таймер и LoraWAN безжичен сензорен възел с микроконтролер ESP32. За всеки от представените безжични сензорни възли са извършени експериментални изследвания на конвенционалните им реализации и на оптимизираните им апаратни и програмни решения, с цел постигане на ниска консумация на енергия и удължаване живота на хранващите им батерии.

В глава четвърта е разработен математически модел, който има приложимост за определяне на стойностите на капацитетите на кондензаторите в зависимост от големината на харвестърния ток. Предложени са подходи за математическо изчисляване на стойностите на кондензаторите, които са полезни при оптимизиране на времевия интервал на нискоенергийното състояние на сензорния възел. Представен е симулационен модел на безбатериен сензорен възел, разработен в средата на MATLAB, с цел симулационно изследване на зависимостта на капацитета на кондензатора от големината на генерирания от харвестъра ток.

Получените данни потвърждават правилния подход на докторанта при провеждане на неговите изследвания. Резултатите доказват и достоверността на материала, върху който се градят приносите в дисертационния труд.

6. Характеристика и оценка на дисертационния труд

Представеният ми за рецензиране дисертационен труд е с обем от 165 страници, включващи 96 фигури (схеми, графики и снимков материал), 47 формули и 26 таблици. Представени са 165 литературни източници, преобладаващият брой заглавия са от последните пет години, което показва висока степен на познаване на съвременното състояние на проблема.

Той е структуриран, както следва, увод, литературен обзор по темата на дисертационния труд и три глави с изводи към всяка глава. Дисертационният труд е форматиран съгласно изискванията.

Акцентирано е върху особеностите на експлоатацията на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия. Направен е обзор и класификация на безжичните сензорни възли с ниска консумация на енергия. Представени са архитектурните особености на безжичните сензорни възли, технологиите за предаване на данните от безжичните сензорни възли.

Концептуалният аспект на дисертационния труд е в посока на проектиране и изследване на:

- безжичен сензорен възел с микроконтролер ATMEGA328, LoRaWAN трансивър и ултра ниска консумация на енергия;
- безжичен сензорен възел с LoraWan трансивър и ултра ниска консумация на енергия;
- WI-FI сензорен възел с ниска консумация на енергия;
- LoRaWAN сензорен възел с ултра ниска консумация на енергия, с FRAM памет и нано таймер.
- безжичен сензорен възел с LoraWan трансивър и ESP32.

Дисертантът е проявил изследователски и практически умения при проектирането, разработването и изследването на безжични сензорни възли с ниска консумация на енергия.

Получените данни потвърждават правилния подход на докторанта при провеждане на неговите изследвания. Резултатите доказват и достоверността на материала, върху който се градят приносите в дисертационния труд.

Резултатите от дисертационния труд на маг. инж. Станислав Асенов са публикувани в осем научни издания.

7. Приноси и значимост на разработката за науката и практиката

Рецензентът няма възражения спрямо формулираните от докторанта претенции за приносите.

Приемам приносите на дисертацията, че са научно-приложни и приложни.

Научно-приложните са:

1. Предложен е разработен и реализиран енергийно ефективен LoRaWAN протокол, чрез който консумираната енергия се редуцира с до 35% в сравнение с конвенционалния протокол.

2. Разработен е математически модел на енергийния жизнен цикъл на безбатериен безжичен сензорен възел. Предложени са подходи за математическо изчисляване на стойностите на кондензаторите, които са полезни при оптимизиране на времевия интервал на нискоенергийното състояние на сензорния възел.

3. Създаден е симулационен модел на безбатериен сензорен възел в средата на MATLAB.

4. Предложени са иновативни схемни решения за намляване на консумацията на енергия на LoraWan безжични сензорни възли в нискоенергиен режим - „дълбок сън” чрез използване на нано таймер и FRAM памет за запис на параметрите на LoraWan връзката по време на изключване на захранването на микроконтролера и радио-трансивъра.

Приложните са:

1. Определени са и са доказани параметрите, влияещи върху консумираната енергия от безжичните LoRaWAN сензорни възли.

2. Проектиран, разработен и изследван е сензорен възел с LoRaWAN интерфейс и с микроконтролер ATMEGA328 с ниска консумация на енергия.

3. Проектиран, разработен и изследван е клас А LoRaWAN сензорен възел с микроконтролер ATMEL SAM D21, TPL5110 нано таймер и FRAM памет, характеризиращ се с ултра ниска консумация на енергия.

4. Проектиран, разработен и изследван е Wi-Fi сензорен възел с микроконтролер ESP 8266MOD с ниска консумация на енергия.

5. Проектиран, разработен и изследван е LoraWAN безжичен сензорен възел с микроконтролер ESP32 с ултра ниска консумация на енергия.

6. Разработени са и са изследвани два безбатерийни безжични LoRaWAN крайни сензорни възли за IoT приложения.

8. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Маг. инж. Станислав Митков Асенов е представил по дисертационния труд осем публикации. Публикациите отразяват същността на работата и голяма степен на самостоятелността на автора.

Шест статии са публикувани в реферирани и индексирани в световноизвестната база данни Scopus и две в реферирани издания. От тях има една самостоятелна статия, която е публикувана в Научни трудове на Съюза на учените в България – Пловдив. Всички публикации са на английски език. Докторантът е представил справка за забелязани шест цитирания, от наши и чуждестранни публикации.

Те отразяват изследванията в дисертационния труд и съвпадат по тематика с него. Това показва, че резултатите от изследванията по дисертационния труд са станали достояние на научната общност.

9. Лично участие на докторанта

От представения за рецензиране дисертационен труд и публикациите към него ясно се вижда, че докторантът е извършил самостоятелно проектирането, изследванията и оптимизирането на безжичните сензорни възли с ниска консумация на енергия. Това показва, че дисертантът е придобил по време на своето обучение умения за самостоятелно решаване на научни и практически насочени задачи.

10. Автореферат

Прегледа на автореферата на дисертационния труд показва пълно съответствие с изискванията за изготвянето му, както и адекватността на отразяване на основните положения и приноси на дисертационния труд.

11. Критични забележки и препоръки

В качеството на рецензент при процедурата по предварително обсъждане пред Разширения катедрен съвет към катедра ЕКИТ при ПУ, докторантът се е съобразил със забележките и препоръките и са отразени в крайният вариант на дисертационния труд.

Бележките по дисертационния труд имат редакционен характер и не намаляват значимостта на предложените изследвания и на формулираните приноси.

Препоръката ми към докторанта е в следващи негови изследвания и разработки да обосновава своя избор, като взема под внимание техническите и икономическите параметри на дадения проблем.

12. Лични впечатления

Познавам маг. инж. Станислав Асенов от постъпването му на работа като асистент в катедра „Електроенергетика и комуникации“ към Физико-технологичния факултет към ПУ „Паисий Хилендарски“. Личното ми впечатление като ръководител катедра за докторанта е положително. Изпълнява съвестно и в срок поставените задачи от катедрата. Отговорно подхожда към преподавателската си дейност, постоянно актуализира съдържанието на учебния материал в дисциплините, които преподава. Участва активно при програмните акредитации на професионалните направления 5.2. Електротехника, електроника и автоматика и 5.3. Комуникационна и компютърна техника. Част е от екипа, който изготвя учебните планове за ОКС „Бакалавър“ за специалностите „Хардуерни и софтуерни системи“, „Компютърни и комуникационни системи“ и за ОКС „Магистър“ специалностите „Хардуерни и софтуерни системи“ и „Информационна сигурност“.

13. Препоръки за бъдещо използване на дисертационните приноси и резултати

Относно бъдещото използване на научните и научно-приложни приноси на дисертационното изследване не са представени насоки в заключителната част на дисертационния труд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационният труд *съдържа научно-приложни и приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката* и отговарят на всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и съответния Правилник на ПУ „Паисий Хилендарски“.

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.

Поради гореизложеното, убедено давам своята *положителна оценка* за проведеното изследване, представено от рецензираните по-горе дисертационен труд, автореферат, постигнати резултати и приноси, и *предлагам на почитаемото научно жури да присъди образователната и научна степен „доктор“* на маг. инж. Станислав Митков Асенов в област на висше образование: 5 Технически науки, професионално направление 5.3 Комуникацион-

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

31.08.2021 г.

Рецензент:

(доц. д-р инж. Слави Любомиров)