

РЕЦЕНЗИЯ

**върху дисертационен труд за придобиване на образователна и
научна степен „доктор” по професионално направление**

**5.2. Електротехника, електроника и автоматика,
докторска програма „Микроелектроника“**

**Автор на дисертационния труд: маг. инж. КОНСТАНДИНОС АНАСТАСИОС
ТРАМАНДЗАС**

**Тема на дисертационния труд: РАЗРАБОТКА И ИЗСЛЕДВАНЕ НА МАЛОМОЩНИ
ПИЕЗОЕЛЕКТРИЧЕСКИ ГЕНЕРАТОРИ НА ЕНЕРГИЯ (ENERGY HARVESTERS)**

**Рецензент: проф. д-р инж. Иван Борисов Евстатиев, Русенски университет „Ангел
Кънчев” – гр. Русе**

1. ОБЩО ОПИСАНИЕ НА ПРЕДСТАВЕНИТЕ МАТЕРИАЛИ

Предоставен е на файл дисертационен труд на **153** стр., разположен в **4** глави, включващ също, виждане на автора за научно-приложни приноси, списък с публикации по дисертационния труд и литературна справка. Материалът е представен на български език и на английски език. Представени са също **2** приложения с общ брой **24** страници и публикациите по дисертационния труд.

Представеният списък на публикации по дисертационния труд, съдържа **5** заглавия, в които дисертантът в **2** публикации е самостоятелен автор, в **1** е на първо място и в **2** на 2-ро място.

Списъкът на анализирани литературни източници, съдържа **135** публикации. Голяма част от публикациите имат имейл адрес, което позволява улеснен достъп до тях.

Считам, че предоставените материали по дисертационния труд отговарят на общо приетите изисквания.

2. ТЕМА И АКТУАЛНОСТ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Тематиката на дисертационния труд е свързана с възможността за създаване на миниатюрен генератор на електрическа енергия, която да бъде генерирана от механични вибрации, които се явяват несъществени или паразитни за дадено явление.

Трябва да се отбележи, че съвременното развитие на електрониката от една страна изисква все по-малки мощности за захранване, от друга страна голямо разпространение получиха редица устройства, изискващи маломощни захранващи източници. Това налага използването най-често на батерии, които имат ограничен ресурс и след неговото изтичане се явяват замърсители на околната среда. Замяната на батерии с енергиен миниатюрен

генератор на електрическа енергия считам че е актуална тематика, имаща голямо развитие в бъдещата електроника.

Целта на дисертационния труд е създаване и подобряване на модели, както и обслужващата ги изчислителна методика за многослойни вибрационни пиезоелектрични маломощни енергийни източници с гредова конструкция.

От казаното по-горе, както и от поставената цел, решавана в основните задачи по дисертационния труд, убедено може да се твърди, че темата и целта на дисертационния труд са актуални.

3. СТЕПЕН НА ПОЗНАВАНЕ СЪСТОЯНИЕТО НА ПРОБЛЕМА И ТВОРЧЕСКА ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ЛИТЕРАТУРНИЯ МАТЕРИАЛ

За постигането на целта дисертантът е поставил **5** задачи, последователно решавани в отделните глави на дисертацията.

Извършеното литературно проучване (глава 1) и направения анализ в него показват едно отлично познаване на тематиката. Литературните заглавия са **135** и съответстват на темата. Всички заглавия с няколко изключения са на латиница.

В резултат на анализа на литературните източници е фиксирана целта на дисертационния труд и са поставени задачите за постигането на тази цел.

От предоставения материал, може да се направи заключение, че докторанта познава много добре състоянието на проблема и творчески е интерпретирал информацията от анализа на литературните източници.

4. МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Методиката на изследването има следната последователност – анализ на състоянието на проблема, изследване на възможността за симулация на процеса, симулация, експериментално изследване на реален опитен образец, анализ и сравнение на получените резултати от симулацията и експерименталното изследване с цел верификация на предложеното решение за симулация.

Смятам, че избраната методика на изследване съответства на поставената цел и задачи на дисертационния труд.

5. КРАТКА АНАЛИТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Представеният труд е в обем от 153 страници. Основният материал съдържа четири глави, приносите на дисертационния труд, публикациите по труда (5 на брой, 1 от които е в

списание и 4 са в научни конференции) и литературна справка. Литературната справка се състои от 135 източника, като с изключение на няколко всички са на латиница. Дисертацията съдържа 109 фигури, 43 таблици и 99 формули.

В първа глава дисертантът е разгледал и анализирал съвременното състояние на източници на електрическа енергия с малка мощност (ЕН - енергийни Харвестери). Дефинирано е понятието енергиен харвестер.

Разгледани са методите за генериране на електрическа енергия, като е обърнато особено внимание на възможността за електрогенерация за портативни устройства. Обърнато е внимание на източници на енергия за енергийни харвестери, класифицирани са възможностите за конвертиране на енергия, използвани при харвестерите.

Разгледани и анализирани са фотоелектрични, термоелектрични, електромагнитни, електростатични, базирани на радиовълни, пиезоелектрични, използващи енергията на човешкото тяло, примери за устройства от вида на енергиен харвестер.

В резултат на анализа е направен извод, че един от най-перспективните начини за събиране на остатъчна ("отпадъчна") енергия е чрез пиезоелектрични преобразуватели. Главата завършва с формиране на цел и задачи на дисертационния труд.

Втора глава е озаглавена „Физико-математически методи за моделиране на пиезоелектрични енергийни харвестери“.

Анализирани и изследвани са методи за моделиране на пиезоелектрични енергийни харвестери, разглеждани като на еднородна съставна греда на Ойлер-Бернули. Отчитайки механичното описание на колебания е изведена зависимост за генерираният в пиезоелектричния слой ток. Предложена е еквивалентна електрическа верига на еднослоен пиезоелектричен енергиен харвестер. Разгледано е също описанието на процеса на единичен пиезоелектричен слой при огъващи вибрации и е предложена еквивалентна електрическа верига.

Разгледано е моделиране на двуслойни (биморфни) пиезоелектрични конфигурации при последователно и паралелно свързване на слоеве и съответни еквивалентни схеми.

Главата завършва с анализ и изводи.

Трета глава е озаглавена „Изследване и разработване на модел за симулационно изследване на пиезоелектрични енергийни харвестери“.

В главата са създадени пиезоелектрически модели за симулационни изследвания на пиезоелектрични енергийни харвестери“. За целта е обобщена взаимовръзка между двете области (механична и електрическа). Предложена е базова концепция за връзка между

домейните в пиезоелектрична система и обобщен функционален модел на система за събиране на енергия.

Създадена е процедура за моделиране в 11 стъпки. Предложената процедура за моделиране е приложена под формата на структурно-поведенчески модел, разработен за спецификата на програмната среда Multisim. За предварително изчисление на параметрите за Multisim модела се използват специализирани математически софтуерни среди като MatLab, Wolfram Mathematica или Mathcad.

Създаден е също структурно-поведенчески Multisim модел за двуслойната структура на пиезоелектрически енергиен харвестер тип Bimorph. За целта са използвани инструментите на софтуерната среда Multisim 14.0 от National Instrument. Създадена е процедура за моделиране. Създадена е процедура от 20 стъпки за определяне на моделните параметри.

Създадени са Multisim модели на пиезоелектричен двуслоен енергиен харвестер с последователно и паралелно свързване между пиезоелектрическите слоеве

Разработен е симулационен подход при изучаване поведението на пиезоелектричен биморфен харвестер (EH Bimorph). Операциите, които се извършват на всеки етап от симулационното изследване, са подробно разписани по отношение на предложените модели на пиезоелектрически енергиен харвестер.

Главата завършва с анализ и изводи.

Четвърта глава е „Симулационно и експериментално изследване на мономорфни и биморфни пиезоелектрични харвестери“.

Извършени са симулационни изследвания на вибрационни пиезоелектрични харвестери. Определени са теоретични и практически характеристични криви.

Симулационно са изследвани униморфни пиезоелектрични харвестери. Създадена е методика за симулиране и са получени резултати за мономорфен харвестер. Чрез Multisim са изведени резултати за честотната зависимост на изходното напрежение. Изследвано е също изменението на изходният сигнал по мощност, в зависимост от товарното съпротивление.

Изследвани са също симулационно биморфни пиезоелектрични харвестери при различни свързвания на слоевете.

Анализирано и е извършено сравнение на случаите на последователно и паралелно свързване на пиезоелектричните слоеве при възбуждане на основните резонансни честоти при късо съединение и при празен ход.

Извършени са експериментални изследвания на реални пиезоелектрични харвестери. Получените резултати са сравнени със симулационните. Експерименталното изследване има резултати с добра степен на съвпадение с тези, получени от симулационните процедури. Това наистина е доказателство, че предложените процедури за моделиране и модели на пиезоелектрически харвестери са адекватни на задачата, която трябва да изпълнят.

Представеният материал в дисертационния труд отговаря напълно на темата „Разработка и изследване на маломощни пиезоелектрически генератори на енергия (Energy Harvesters)“.

Считам, че материала също отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Р. България и Правилника към него, както и на Правилника на Технически университет-Габрово за придобиване на образователната и научна степен “Доктор“.

6. ПРИНОСИ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Съгласен съм с автора за приносите на дисертационния труд. Приносите в настоящия дисертационен труд имат научно-приложен и приложен характер.

Научно-приложни приноси

1. Предложени са поведенчески модели на двуслойни пиезоелектрични харвестери от вибрационен тип като използваните за това елементи и компоненти се описват от принципите на електромеханичната аналогия.

2. Създадени са алгоритми и процедури за симулационни процеси на двуслойни пиезоелектрични вибрационни харвестери, като те се основават на подобните механизми, обслужващи еднослойни харвестери. Повечето от предложените симулационни процедури за еквивалентните схеми се провеждат в програмна среда Multisim, но някои от предварителните или завършващите етапи се извършват в Matlab програмна среда, когато има необходимост от допълнителна обработка на моделните параметри.

3. За верификация на разработените модели на двуслойни пиезоелектрични харвестери, по предложената обслужваща методика чрез анализи и моделни допускания са получени резултати на базата на симулационни изследвания, които са сравнени с проведени експериментални такива.

Приносите се отнасят до използване на съвременни методи за симулация, на базата на софтуерни продукти Multisim и Matlab.

Тези приноси имат характера на обогатяване на съществуващите знания.

Приложни приноси

Към приложните приноси могат да се отнесат:

1. Предложена е експериментална методика за изследване на двуслойни пиезоелектрични харвестери от вибрационен тип, чрез която са проведени експериментални изследвания, чиито резултати служат за потвърждение адекватността на разработените модели.

2. В течение на проведените експериментални изследвания са получени голямо количество експериментални данни, които допълнително подпомагат за усъвършенстване и разработване на подобрени модели, описващи поведението на двуслойни пиезоелектрични харвестери от вибрационен тип.

7. АВТОРСТВО НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Според дадения материал и направените по него публикации, считам, че приносите в настоящия труд са лично дело на дисертанта, под ръководството на неговия ръководител доц. д-р инж. ВЕЛИМИРА ТОДОРОВА.

8. ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Публикациите по дисертационния труд са **5** на брой, **1** от които са в списание и **4** са в научни конференции.

Две от публикациите са самостоятелни, а останалите са в съавторство, с ръководителя и други автори.

Приемам, че публикациите отразяват основните части на разработката.

9. ИЗПОЛЗВАНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД В ПРАКТИКАТА

Считам, че изследванията в дисертационния труд и получените резултати могат да се ползват при разработка на пиезоелектрически генератори на енергия, което е от важно значение за практиката.

10. АВТОРЕФЕРАТ

Съдържанието на автореферата съответства на съдържанието на дисертационния труд. Означенията на фигурите и формулите в автореферата съвпадат с тези от дисертацията.

Оценката ми за автореферата е, че той отговаря на общо приетите изисквания и отразява вярно съдържанието и приносите на дисертационния труд.

11. МНЕНИЯ, ПРЕПОРЪКИ, ЗАБЕЛЕЖКИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Към работата методични забележки нямам.

Считам че някои от разработките са патентно защитими и препоръчвам на дисертанта, заедно с ръководителя евентуално да подготвят заявки за патенти или полезни модели за внедряването им в практиката.

12. ЛИЧНИ ВПЕЧАТЛЕНИЯ

Не познавам лично докторанта. Отчитайки представеният дисертационен труд и публикациите към него, мога да твърдя че маг. инж. Констандинос Анастасиос Трамандзас е учен с вкус към новото и прилагането на съвременни софтуерни продукти за симулация на процеси в електрониката.

13. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Считам, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и на Процедурните правила на Технически университет-Габрово. Постигнатите резултати ми дават основание да предложа да бъде придобита образователната и научна степен „**Доктор**” от **маг. инж. Констандинос Анастасиос Трамандзас** в професионално направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика, докторска програма „Микроелектроника“.

15.03.2021 г.

Подпис: /п/

/проф. д-р инж. И. Евстатиев/