

# СТАНОВИЩЕ

за дисертационен труд  
за придобиване на образователната и научна степен "доктор" в

област на висше образование – 5. Технически науки  
професионално направление – 5.2 Електротехника, електроника и автоматика  
докторска програма – “МИКРОЕЛЕКТРОНИКА”

Автор: маг. инж. КОНСТАНДИНОС АНАСТАСИОС ТРАМАНДЗАС

Тема: РАЗРАБОТКА И ИЗСЛЕДВАНЕ НА МАЛОМОЩНИ  
ПИЕЗОЕЛЕКТРИЧЕСКИ ГЕНЕРАТОРИ НА ЕНЕРГИЯ (ENERGY HARVESTERS)

Член на научното жури: проф. д-р Анна Владова Стойнова

## 1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Стремежът към вечни енергийни източници на автономни устройства се засили през последните години, поради ограниченията в приложенията и внедряването на конвенционалните електрохимични източници на енергия. Развитието на концепцията за Интернет на нещата, носимите устройства и безжичните технологии, все повече налага използването на нови техники за събиране на енергия за осигуряване на собствено хранване. Изследванията в дисертацията са свързани с възможното решение за системи със самостоятелно хранване чрез събирането на механична енергия с помощта на пиезоелектричество.

Събирането на пиезоелектрична енергия има няколко предимства, като висока плътност на енергия и мощност, ниска цена, добра мащабируемост и лекота на приложение. Поради основните си недостатъци като ниско ниво на събраната мощност и необходимост от коригиране, извличане на максимална мощност и регулиране на изходното напрежение, пиезоелектричните преобразуватели не могат да се използват самостоятелно за събиране на механична енергия. Следователно, пиезоелектрическият енергиен харвестер (EH) обикновено съдържа AC-DC преобразувател, има двустепенна схема за преобразуване или използва нелинейни техники като SSHI или SECE.

Техниката за събиране на пиезоелектрическа енергия може да се използва в множество приложения, като всяко внедряване трябва да оптимизира енергийния харвестер за собствените си нужди. Първо трябва да се намери подходящ преобразувател. Пиезоелектричните преобразуватели могат да бъдат намерени в различни форми и могат да бъдат направени от различни материали, всеки със свои собствени характеристики. Когато е избран пиезоелектричният преобразувател, следващата стъпка е да се разработи модел, за да се симулира и оптимизира поведението в интегрираната система. В този аспект настоящият дисертационен труд ясно дефинира последователни задачи за изпълнение на една актуална цел - създаване и подобряване на модели и обслужващата ги изчислителна методика за многослойни вибрационни пиезоелектрични EH с гредова конструкция.

В обзорната част на труда е извършен задълбочен аналитичен преглед на съвременните методи и технологии за събиране на енергия, с фокус върху пиезоелектрични генератори на енергия. Направените изводи са логични и дефинират основните проблеми и предизвикателства пред модерните технологии и прибори за събиране на енергия и по-специално тези при разработката и изследването на маломощни пиезоелектрични генератори. На тази основа е дефинирана ясна цел и последователни задачи, изпълнението на които е отразено в дисертационния труд. Темата на дисертационен труд съответства на основното съдържание на разработката. В дисертацията са цитирани 135 научни литературни източника, като една четвърт от тях са от последните пет години.

## **2. Методика на изследване**

Представянето на енергийните харвестери чрез еквивалентни схеми е от голямо значение за моделирането на цялостната система за събиране на енергия, която включва както енергийния преобразувател, така и подходящия електрически интерфейс.

Тук основната цел е да се проектира поведенчески модел, описващ ЕН чрез аналитична изчислителна процедура с основните параметри на пиезоелектрическите елементи и на материалите в структурата им. Моделирането има за цел да определи електро-механичните характеристики на пиезоелектрическите елементи в статични и динамични работни режими. За тази цел е използвана методика на изследване, включваща: анализ на съществуващи физико-математически методи за моделиране на пиезоелектрични среди; теоретично интерпретиране на аналитичните модели на изследваните типове енергийни харвестери; изграждане на функционален модел на система за събиране на енергия; представяне на алгоритми и процедури за функционално-поведенческо моделиране на пиезоелектрични гредови енергийни харвестери; предлагане на цифрови Multisim модели на различни структури. Използван е симулационен подход с експериментално валидиране за изучаване поведението и параметрите на вибрационни уни- и биморфни пиезоелектрични харвестери.

## **3. Приноси на дисертационния труд**

Като цяло приемам приносите, за които се претендира в дисертационния труд. Те са 3 научно-приложни и 2 приложни приноса. Не са ми представени данни за участие в научно-изследователски проекти и данни за приложение на резултати от дисертационния труд в учебния процес или в промишлеността.

Научно-приложните приноси са свързани с използване на съвременни средства за обогатяване на съществуващите знания за пиезоелектрични харвестери от вибрационен тип, изразяващи се в:

- Предложени подобрени електро-механични поведенчески модели на двуслойни пиезоелектрични харвестери от вибрационен тип, отразяващи спецификата на изследваните структури на ЕН в реален работен режим.

- Предложени са усъвършенствани алгоритми и процедури за цифрова симулация на еквивалентните схеми на многослойни пиезоелектрични харвестери, с използване на съвременни програмни среди като Multisim и Matlab за допълнителна обработка на моделните параметри.

- Постигната е сходимост между резултатите от извършените симулации и експериментални измервания на образци на пиезоелектрични харвестери, приемлива за практически приложения, потвърждаваща адекватността на разработените модели и алгоритми.

Приложните приноси са с характер на формиране на нови решения и натрупване на експериментални данни за използване на нови възможности за поведенческо моделиране и конструктивно-технологична оптимизация на пиезоелектрични харвестери:

- Разработена е експериментална методика за изследване на двуслойни пиезоелектрични харвестери от вибрационен тип, която успешно може да се използва и за верифициране на модели.

- Натрупан и систематизиран е голям обем експериментални резултати за многослойни гредови вибрационни пиезоелектрични харвестери, достатъчен за приложение при разработката на поведенчески модели и конструктивно-технологични оптимизации.

## **4. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд**

Основните резултати от дисертацията са публикувани в периода от 2017 г. до 2019 г. в 5 научно-изследователски труда. Публикациите се отнасят към темата на дисертацията и са налични и достъпни за изследователи в областта.

Докторантът е съавтор на 3 публикации в сборници от международни научни конференции в България (ISC UNITECH - [2, 3] и International Scientific Conference Electronics - [4]). Две от публикациите са самостоятелни и представляват доклади от

международни конференции: ISC UNITECH, България - [5], и Conference in Telecommunications, Informatics, Energy and Management, Гърция - [1], като втората е публикувана в специално издание на списание Journal of Engineering Science and Technology Review (JESTR). Името на К. Трамандзас е видимо в Scopus с една публикация - [4]. Сборниците от научните конференции в България са включени в националния референтен списък. Не са ми представени цитирания и не съм забелязала такива в реферирани издания.

## 5. Авторство на получените резултати

Не познавам лично докторанта и впечатленията и становището ми са на база представени дисертационен труд и публикации.

В труда е демонстрирано задълбочено познаване на съвременното състояние и проблеми на вибрационните пиезоелектрични харвестери, а получените научно-експериментални резултати потвърждават възможностите на автора за работа в изследователската сфера.

Считам, че получените резултати в дисертационния труд са дело на дисертанта и че са публикувани най-съществените части от изследванията, които са станали достояние на научната общност. Приемам за равностойно участието на докторанта в съвместните три на брой публикации, както и че двете самостоятелни публикации са лично негово дело.

## 6. Мнения, препоръки и забележки по дисертационния труд

Считам, че извършените изследвания в дисертационния труд отговарят на поставената цел и имат завършен вид като обхващат един затворен цикъл – предлагане на математични модели за гредови пиезоелектрични харвестери, извършване на симулационни изследвания с подходящи модели и експериментално верифициране на резултатите.

Изводите по отделните глави са логични и вярно отразяват постигнатите резултати. Общото впечатление, което оставя дисертационният труд е неговата логична последователност и задълбоченост при разработката му. В този смисъл препоръчвам на маг. инж. К. Трамандзас да продължи научните и приложните изследвания в областта на събирането на пиезоелектрична енергия.

Забележките ми са основно от редакционен характер:

- на места откривам стилови и правописни грешки;
- претенциите за научно-приложни приноси 2) и 3) са много обстоятелствени и биха могли да се съкратят и представят в по-обобщена форма;
- препоръчвам да не се използват изрази от вида на «висока» степен на сходимост между симулационните и експерименталните резултати, а да се даде количествена оценка на достигнатата сходимост в 3)-ти принос.

Тъй като в дисертационния труд забелязах, че е правена само качествена оценка на точността при сравнение на резултатите от симулация и измерване на изследваните два образеца на пиезоелектрични харвестери, въпросът ми е:

- Колко процента е постигнатото максимално отклонение при сравнение на симулационните и експерименталните резултати за изходната мощност и кой е основният източник, с относително най-висок дял за това?

## 7. Заключение

Считам, че представеният дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание да **предложа** да бъде придобита образователната и научна степен „**доктор**” от **Константинос Анастасиос Трамандзас** в област на висше образование - 5. Технически науки, професионално направление - 5.2 Електротехника, електроника и автоматика, докторска програма – „Микроелектроника“.

02.03.2021 г.

Подпис: /п/  
/проф. д-р А. Стойнова/