

## РЕЦЕНЗИЯ

на 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 – Електроснабдяване и електрообзавеждане.

**Автор:** маг. инж. Елизабета Трайко Арсова.

**Тема:** Анализ на възможностите за внедряване на нови фотоволтаични електроцентрали в електроенергийната система на Република Северна Македония.

**Рецензент:** проф. д-р инж. Ивайло Стефанов Стоянов, Русенски университет „Ангел Кънчев“.

Представената рецензия е съгласно Протокол №1 на кореспондентско заседание на Научно жури, съставено въз основа на заповед на Ректора на Технически университет – Габрово № 3-01-72/22.02.2024 г. за оценка на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен “доктор“ на тема “Анализ на възможностите за внедряване на нови фотоволтаични електроцентрали в електроенергийната система на Република Северна Македония“, разработен от маг. инж. Елизабета Трайко Арсова.

Инж. Елизабета Арсова е получила бакалавърска и магистърска степен от Университет Св. Св. „Кирил и Методий“, в гр. Скопие, Република Северна Македония. Тя е зачислена, съгласно заповед № 3-01-489/09.11.2022 г. на Ректора на Технически университет – Габрово в самостоятелна форма на докторантура по докторска програма Електроснабдяване и електрообзавеждане в катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане“ на същия университет. Неин научен ръководител е доц. д-р инж. Пламен Ценков Цанков. Обучението е извършено по утвърден индивидуален учебен план. В съответствие с него, докторантката е положила изпити и е получила оценки, както следва:

- по специалност (заповед № 3-01-60/13.02.2023 г.) – Отличен (5,50);
- по английски език (заповед № 3-01-138/27.03.2023 г.) – Мн. добър (5,00).

Високо оценявам нейния стремеж за непрекъснато повишаване на квалификацията ѝ по време на нейната работа в PC Institute JSC ЕМО, Охрид и JSC ESM Macedonia – клон Скопие чрез участие в развойни проекти за непрекъсваемо захранване и проектиране на нови захранващи мощности на основата на възобновяеми енергийни източници. От 2011 г. работи в Комисията за енергийно регулиране на Република Северна Македония като съветник в Технически енергиен отдел за електроенергия, а от 2019 г. е негов

ръководител. Участвала е в работни групи при подготовката на редица нормативни документи за нуждите на Република Северна Македония и в работата на работни форуми, семинари и др. специализирани прояви, организирани от USAID, World Bank, ERRA и др.

Смятам, че подготовката на маг. инж. Елизабета Арсова по докторската програма е реализирана в съответствие с действащите нормативни документи в страната и в Технически университет - Габрово.

Дисертационният труд е разработен в обем от 172 стр., структуриран в увод, 5 глави, заключение, приноси, публикации и използвана литература. Дисертационният труд е богато илюстриран със 100 фигури, 29 таблици и 4 приложения, в които са представени данни за икономическата обосновка на предлаганите технически решения за присъединяване на мощни фотоволтаични електроцентрали към електроенергийната система на Република Северна Македония.

### **1. Тема и актуалност на дисертационния труд**

Традиционното производство на електроенергия с конвенционални енергийни източници е един от най-големите източници на промишлено замърсяване на въздуха. Това оказва негативно влияние както на климата, почвите и водите, така и на качеството на живот на хората. Данните за непрекъснатото глобално затопляне, накара световната общност да преосмисли начина на експлоатиране на природните ресурси и да се търсят нови енергийни източници, които не замърсяват и щадят околната среда. В отговор на тези тенденции правителствата и институциите предвиждат в своите управленски програми непрекъснато увеличаване дела на енергията, получена от възобновяеми енергийни източници. Основната цел е намаляване на изхвърлените парникови газове в атмосферата, опазването на ограниченото предлагане на Земята на изкопаеми горива, предотвратяване на проблема със замърсяването и утилизацията на горивните отпадъци и подобряване на околната среда и качеството на живот на хората. Затова задачите, свързани с методите, подходите и технологиите за енергията от възобновяеми източници са особено актуални и съответстват на целите и стратегиите на ЕС, данъчното облагане на енергията, търговията с емисии и т.н., което съответства в голяма степен на проблематиката на настоящия дисертационен труд.

Рецензираният дисертационен труд изучава специфични научни и научно приложни проблеми при използване на фотоволтаични централи и тяхното влияние върху електроенергийния микс на Република Северна Македония. Докторантката е извършила симулации на работата на две фотоволтаични централи с голяма мощност с различни видове фотоволтаични панели по тип и мощност, и при различни експлоатационни условия. В този случай се поражда редица научни и технологични задачи, някои от които се решават в настоящия дисертационен труд. За решаването на тези задачи маг. инж. Елизабета Арсова е демонстрирала отлични теоретични и практически знания и умения за работа със специализирани програмни продукти.

Всичко това ми дава основание да приема, че тематиката на настоящия дисертационен труд проблем за оценка на възможностите за внедряване на нови мощни фотоволтаични електроцентрали в електроенергийната система на Република Северна Македония е особено актуален от научна и научно-практическа гледна точка.

## **2. Обзор на цитираната литература**

В първа глава маг. инж. Елизабета Арсова извършва задълбочен аналитичен обзор. Тя проучва и анализира енергийните мощности за производство на електроенергия и ролята на възобновяемите енергийни източници за подобряване на енергийния баланс и енергийната сигурност в Република Северна Македония със съществуващите източници на електрическа енергия с малка, средна и голяма мощност, структурата на електропреносната система и др. Анализирани са и съвременни технически системи и тенденции за производство на електрическа енергия и управление на електрически мрежи и системи. Добро впечатление прави много високата степен на познаване на националната нормативна уредба и обосноваването на изследваните проблеми, основано на използваните литературни източници, както и познаването на резултатите от сходни изследвания на чуждестранни учени.

Маг. инж. Елизабета Арсова коректно е анализирала и е направила успешна интерпретация на литературния материал. Обзорът обхваща 139 литературни източници – 96 от книги, статии в научни списания, доклади от конференции, дисертации, нормативни документи и 43 от Интернет. Всички цитирани материали се отнасят до разглеждания в дисертацията проблем. От анализираните общо 139 литературни източници повечето са публикувани през последните години, от което може да се заключи, че докторантката е добре запозната със съвременното състояние на науката по разработваните от нея въпроси.

Критичното разглеждане на посочените проблеми в първа глава, илюстрирано с помощта на фигури и таблици, което позволява на маг. инж. Елизабета Арсова да обоснове направените изводи за необходимостта от предлаганото изследване. На тяхна база в края на първа глава е формулирана основната цел и са предложени за решаване на 5 (пет) основни задачи.

Дисертационният труд на маг. инж. Елизабета Арсова е в област, изискваща компетентност и притежаването на специфични познания в областта на електроснабдяване и електрообзавеждане, електроенергетиката, математическа статистка и математическо моделиране и др. Те умело са приложени при организирането, провеждането и анализа на проведените изследвания.

Маг. инж. Елизабета Арсова демонстрира висока степен на познаване на проблема, компетенции и знания, включително за синтез и оценка, необходими за решаване на ключови проблеми в сферата на научните изследвания. По този начин тя е повишила своята квалификация и се е изградила като научен работник, който демонстрира оригинално мислене и критическо осмисляне на научни и научно-приложни въпроси.

### 3. Методика на изследване

В дисертационния труд са приложени стандартни методики за провеждане на научните изследвания, а именно: теоретичен анализ, компютърно проектиране, моделиране и симулационни изследвания, с използване на статистически методи за обработка на данни. Всички те са обобщени в трета глава, в която е разработена методика за оценка на слънчевия енергиен потенциал на даден географски район за производство на електрическа енергия от фотоволтаични електроцентрали и методика за моделиране и симулация на тяхната работа.

На базата на кабинетно проучване за добри практики от съседни балкански страни при съставяне на енергийни баланси и изграждане на възобновяеми енергийни източници на електроенергия маг. инж. Елизабета Арсова анализира основните фактори и стратегии при изграждане на системи за преобразуване на слънчевата енергия в зависимост от технологията, мощността, климатични фактори и т.н.

Методологичният подход, по който маг. инж. Елизабета Арсова е провела научното изследване, може да се обобщи в следните основни стъпки:

- Моделиране на елементите на фотоволтаични централи с помощта на специализиран софтуер;
- Симулационни изследвания на синтезираните модели, разработване и сравнение на 4 (четири) вариантни решения;
- Симулационни изследвания и анализи при проектирането и внедряване на фотоволтаични електроцентрали в електроенергийната система на Република Северна Македония;
- Енергийна ефективност и технико-икономическа оценка за потвърждаване на симулационните резултати от внедряване на фотоволтаични електроцентрали в електроенергийната система на Република Северна Македония.

В дисертационния труд са разработени електротехнически проекти на две мощни фотоволтаични централи и тяхното присъединяване към електроенергийната система на Република Северна Македония. Извършена е симулация на техните основни работни режими, а с помощта на технико-икономическия анализ е доказана рентабилността на тяхното изграждане, което подобрява ефективността и инфраструктурата на електроснабдяването на населението.

Съществен момент при моделирането работата на фотоволтаичните централи е отчитането на влиянието на използваната технология и различни експлоатационни фактори - ниво на слънчева радиация, температура, засенчване и др. Специфицирането на модела и симулационните изследвания са извършени в средата на специализирания програмен продукт PVSyst.

При реализирането им коректно са използвани съвременни методи, апаратура и компютърен софтуер, подходящи за съответната задача. Намирам, че избраният изследователски подход обуславя успешно изпълнение на задачите и постигане на целта, поставени в дисертационния труд, на високо научно ниво.

Приложимостта на дисертационния труд е свързана с разработените детайлни вариантни проекти на 2 фотоволтаични централи на територията на Република Северна Македония с обща мощност 60 MWp, с използване на 4 различни варианти на технологии и ориентация на фотоволтаичните модули, налични на пазара. Направен е технико-икономически анализ и оценка на рентабилността от изграждането на новите 2 фотоволтаични електроцентрали, с отчитане на зависимостта от очакваните цени на пазара на електроенергия през следващите години. Изследванията на потенциала на слънчевата радиация за производството на електрическа енергия от фотоволтаични електроцентрали на територията на Република Северна Македония, както синтезирането на модел на електроенергийната система на Република Северна Македония, даващ възможност за анализ на промените на енергийните потоци при включване на нови електроцентрали, са добра основа за разработка на бъдещи проекти за фотоволтаични електроцентрали и тяхното свързване в електроенергийната система.

Не са представени служебни бележки за внедряване на получените резултати в практиката или използване в учебния процес.

Налице е съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел на дисертационния труд.

#### **4. Приноси на дисертационния труд**

Смятам, че получените резултати от изследванията на маг. инж. Елизабета Арсова могат да се обобщят в следните две категории приноси:

- Научно-приложни приноси:
  1. В резултат на извършеното детайлно аналитично проучване на баланса на производството на електрическа енергия от фотоволтаични електроцентрали в 4 държави, е доказана целесъобразността от изграждане на нови фотоволтаични електроцентрали в Република Северна Македония.
  2. Синтезирани са модели на електроенергийната система на Република Северна Македония, даващи възможност за анализ на промените на енергийните потоци, загубите на енергия и пренапреженията в електропреносната мрежа при свързването на новопроектираните фотоволтаични електроцентрали.
- Приложни приноси:
  1. Изследван е потенциала на слънчевата радиация за производството на електрическа енергия от фотоволтаични електроцентрали на територията на Република Северна Македония.

2. Разработени са детайлни вариантни проекти на 2 фотоволтаични централи с голяма мощност (20 и 40 MWp) с използване на 4 (четири) различни варианти на технологии и ориентация на фотоволтаичните модули.
3. Направен е технико-икономически анализ и оценка на рентабилността от изграждането на 2 фотоволтаични електроцентрали с голяма мощност на територията на Република Северна Македония за потвърждаване на стимулационните резултати и проектното техническо предложение.

Получените резултати са съпроводени с обширен доказателствен материал и имат своя принос за развитието на науката в областта на стимулационното изследване и моделиране на фотоволтаични системи. Това е гаранция, че постигнатите приноси имат практическа значимост и приложимост.

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

Представен е списък с 5 (пет) публикации по дисертационния труд. Две са самостоятелни, а останалите са в съавторство с научния ръководител и колеги, работещи по разглежданата проблематика, напълно покриващи минималните изисквания относно разглеждания критерий. Тя декларира 73 точки, с което преизпълнява изискуемите минимални изисквания за придобиване на ОНС „доктор“. Две от публикациите са докладвани на Международна научна конференция „Унитех“. Два на Национална конференция „TechCo“, а 1 от публикациите е докладвана на Международна научна конференция EEPES 2023, Кавала, Гърция, има SJR ранк и е индексирана в Scopus.

В публикациите са представени голяма част от извършените изследвания и са изложени основните изводи от дисертационния труд. Всички материали, подготвени за рецензиране имат връзка с научноизследователската и приложната дейност на маг. инж. Елизабета Арсова. Това ми дава основание да приема, че тя се е изградила и утвърдила като изследовател в областта на фотоволтаичното преобразуване у нас и в чужбина. Нямам информация за нейни цитирания.

### **6. Авторство на получените резултати**

Публикационната дейност на маг. инж. Елизабета Арсова покрива минималните изисквания към кандидатите за ОНС „доктор“. Разработената дисертация е лично нейно дело под ръководството на нейния ръководител доц. Пламен Цанков. Докторантката се е справила успешно с неизбежните трудности при организиране и провеждане на изследванията, свързани с настоящият дисертационен труд. Впечатлява успешното интегриране на инженерни и теоретични изследвания на основата на модерни специализирани софтуерни продукти.

Целесъобразно е представянето на договори или други документи, които да потвърждават участието на докторанта при решаване и на инженерни и проектантски задачи, свързани с дисертацията.

## 7. Автореферат и авторска справка

Авторефератът е в обем от 43 стр. и е съобразен с общоприетите изисквания за обем и съдържание на такъв документ. Той съответства на структурата на дисертационния труд. Разписани са актуалността на проблема, целта, основните задачи, използваните методи на изследване, приложимостта на получените резултати, структурата и кратко съдържание на труда. В резюмето на английски език са отразени научните и научно-приложни приноси, постигнати чрез разработваната дисертация от докторанта.

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

Към така представената дисертация имам следните забележки и препоръки:

1. На редица места в дисертацията и автореферата са допуснати правописни грешки.
2. Изводите към втора глава трябва да съответстват по-добре на тематиката на дисертацията.
3. Фигурите в 5 глава са с ниско качество и замъглени.
4. Необходимо е да се спазват изискванията за графично означаване на различни елементи по електрическите схеми и да се уеднаквят всички буквени символи.
5. Подходящо е да се обобщят статистически данните от извършените симулационни изследвания в т.4.9 и да са в графичен вид.
6. Да се конкретизира какви са стойностите за очакваните количества от произведената електрическа енергия от фотоволтаичните централи – минимални, средни, максимални.
7. Целесъобразно изводите и приносите да се отличават с по-голяма конкретика.
8. Библиографията не е оформена според изискванията.

Посочените забележки не омаловажават извършената работа от маг. инж. Елизабета Арсова и като цяло дисертационният труд има завършен характер. Смятам, че дисертационният труд постига заявената цел, а дефинираните задачи са изпълнени на високо научно ниво.

## 9. 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 маг. инж. Елизабета Трайко Арсова

в област на висше образование - 5. Технически науки,  
професионално направление - 5.2. Електротехника, електроника и автоматика,  
докторска програма - Електроснабдяване и електрообзавеждане.

14 март 2024 г.

Подпис: ...../п/.....

/проф. д-р инж. Ивайло Стоянов/