

СТАНОВИЩЕ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор”
Професионално направление 5.2 Електротехника, електроника и автоматика
Научна специалност: Електронизация

Автор на дисертационния труд: **Александър Евгениев Ганев**

Тема на дисертационния труд: **Изследване на интелигентни методи за оптимизация на ефективността на фотоволтаични системи в динамични среди**

Рецензент: **проф.дтн. Красимира Стоилова**

Настоящото становище е изготвено в качеството ми на член на научно жури, назначено със Заповед № 1102/24.04.2026 г. на Ректора на ЮЗУ „Неофит Рилски“.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение

В дисертацията се разглеждат проблеми, свързани с актуалната тематика на нашето съвремие – преходът към зелена енергия и търсене на решения за по-успешното ѝ приложение. Теоретичното описание на фотоволтаичния модул се базира на нелинейната волт-амперна характеристика, която определя наличието на уникална работна точка с максимална мощност. Позицията на тази точка е динамична и се изменя в зависимост от моментната осветеност и температурата на клетките. Затова ефективността на системата се разглежда като динамична величина, която зависи от способността на управляващите механизми да поддържат работата в близост до точката на максимална мощност и да максимизират погълнатата слънчева светлина чрез оптимална ориентация на фотоволтаичните модули. Изследването в дисертацията е насочено към повишаване на ефективността на използване на фотоволтаичните системи по отношение на фотоволтаичните елементи и системите, които ги управляват. Темата е актуална както в научен, така и в научно-приложен аспект и я оценявам положително.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Докторантът е направил задълбочен анализ на теорията на слънчевото проследяване, на проследяването на максималната точност на мощността и преобразувателите на постоянен ток. Приложените сравнения на различните методи на изследване в Първа глава демонстрират много добро запознаване с проблема и подробен сравнителен анализ на състоянието на публикуваните изследвания в разглежданите области. Докторантът е установил, че в съвременните научни изследвания двата метода за повишаване на ефективността на фотоволтаичните системи (системите за проследяване на слънчевата траектория (СПСТ), чрез които се увеличава добива на енергия посредством осигуряване на перпендикулярна ориентация на фотоволтаичните модули спрямо слънчевото положение и алгоритмите за следене на максималната точка на мощността (MPPT – Maximum Power Point Tracking), чрез които се осигурява работа в

оптимален режим при изменящи се условия на осветеност и температура) се разглеждат като самостоятелни методи. Това обуславя и научния му интерес към търсене на начин за обединяването им с цел постигане на по-добра оперативна ефективност.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд.

„Целта на дисертационния труд е да се извърши задълбочен теоретичен анализ и оценка на методите за проследяване на слънчевата траектория и алгоритмите за максимално извличане на мощност при фотоволтаични системи, с цел идентифициране на научни пропуски, формулиране на унифицирани концептуални модели и определяне на теоретични насоки за оптимизация на енергийната ефективност на фотоволтаични инсталации.“

За постигане на поставената цел са формулирани шест основни задачи.

За решаване на поставените задачи оценявам положително приложените методи на изследване, между които класификационен метод, използван за структуриране на различните типове системи за слънчево проследяване и MPPT алгоритми по зададени критерии; моделиране, насочено към формулиране на модели за оценка на енергийната ефективност и загубите при различни подходи на управление; сравнителен анализ за оценка на предимствата, ограниченията и приложимостта на теоретични решения при оптимизацията на фотоволтаичните системи; системен анализ, при който фотоволтаичните системи се разглеждат като съвкупност от взаимодействащи подсистеми – механична (ориентация), електрическа (работна точка) и управляваща.

4. Научни и/или научно-приложни приноси на дисертационния труд.

Извършен е теоретичен анализ на взаимовръзките между ориентацията на фотоволтаичните модули и електрическите работни режими, както и влиянието на различни управляващи стратегии върху енергийната ефективност на фотоволтаичните системи.

Синтезиран е математически модел за оценка на енергийната ефективност на фотоволтаични системи, който интегрира геометричните аспекти на ориентацията на фотоволтаичните модули и електрическите режими на работа, определяни от MPPT (Maximum Power Point Tracking) управлението. Първият механизъм е свързан с максимизиране на ефективната слънчева радиация върху повърхността на модула, докато вторият има за цел извличане на максимално възможната електрическа мощност при дадени условия на осветеност и температура. Моделът включва влиянието на слънчевата радиация, точността на слънчевото проследяване, температурните ефекти, динамиката на MPPT алгоритъма и електронните преобразователни загуби. Слънчевото проследяване максимизира входната енергия чрез геометрична оптимизация, докато MPPT минимизира електрическите загуби чрез оптимално управление на работната точка. От направения анализ на енергийните загуби и теоретичните граници на ефективността следва, че при съгласувано и координирано управление на механичните и електрическите процеси се постига максимален потенциал на фотоволтаичните системи.

Предложен е оптимизационен модел за максимизиране на енергийния добив от фотоволтаици с променливи управлението на системата, проследяваща слънчевата траектория и работното напрежение на фотоволтаичния генератор при удовлетворяване на набор ограничения на оптимизационната задача.

Извършена е симулация на енергийни добиви на 4 различни по вид системи – система с фиксиран фотоволтаичен модул с оптимална ориентация без MPPT, система с фиксиран фотоволтаичен модул с оптимална ориентация и MPPT, система със СПСТ без MPPT и

система със СПСТ и МРРТ. Фотоволтаичните модули са от едни и същи вид и имат еднакви характеристики (технология, размер, мощност, напрежение, ток) и условия за осветеност и температура. Най-добър резултат е получен при съвместното взаимодействие на СПСТ и МРРТ, с което се доказва ефикасността на разработения модел.

Оценявам положително постигнатите резултати в дисертацията, които са от полза за разширяване на теоретичната основа на системите за слънчево проследяване и МРРТ управлението и допринасят за бъдещи приложни разработки за повишаване на ефективността на фотоволтаичните системи.

5. Мнение за публикациите по темата на дисертационния труд.

Представени са четири публикации от две конференции у нас като две от публикациите са под печат (приложени са служебни бележки за публикуването им в научен сборник). Две от публикациите са самостоятелни и две са съвместни с научния ръководител. Публикациите отразяват основни изследвания от дисертацията.

6. Мнения, препоръки и бележки.

Считам, че приносите на дисертацията са оригинални и препоръчвам задълбочаване на изследванията в тази област, тъй като както докторантът подчертава, анализът е фокусиран върху концептуалните, методологични и системни аспекти на системите за проследяване на слънчевата траектория и МРРТ алгоритмите като не се разглеждат конкретни инженерни решения.

Препоръката е за публикуване в по-престижни издания с ранг и импакт фактор (SCOPUS или WoS).

Като забележка отчитам, че не е спазено правилото за отпечатани материали - при публикувани статии/доклади да се изписват страници/DOI/URL адрес като доказателство за публикуването, което липсва в представения списък от публикации, свързани с дисертационния труд. Препоръката е при бъдещи изследвания да се вземе предвид тази забележка.

7. Заключение и оценка на дисертационния труд.

Дисертацията на магистър Александър Евгениев Ганев отговаря на условията на ЗРАСРБ и ППЗРАСРБ. Дисертационният труд съдържа научно-приложни и приложни резултати с иновативен характер. Те имат оригинален принос в науката, които **оценявам положително**. Поставената цел на дисертационната работа е изпълнена. Кандидатът притежава задълбочени знания по изследваната тематика. Той демонстрира способност за самостоятелни изследвания и успешно изпълнение на решаваните проблеми. **Убедено препоръчвам на Уважаемото научно жури присъждане на образователната и научна степен „доктор“ на маг. Александър Евгениев Ганев** в област на висше образование 5. Технически науки, професионално направление 5.2 Електротехника, електроника и автоматика, научна специалност „Електронизация“.

Дата: 3 юни 2026

ЧЛЕН НА НАУЧНОТО ЖУРИ:
/проф.дтн. К. Стоилова/

OPINION

of a Dissertation for awarding the educational and scientific degree "Doctor"

Professional field of study: 5.2 „Electrical engineering, electronics and automation“

Scientific specialty: „Electronization“

Ph.D. student: Aleksander Evgeniev Ganev

Title of the Ph.D. thesis: **Research into intelligent methods for optimizing the efficiency of photovoltaic systems in dynamic environments**

Member of the jury: Prof. D.Sc. Krasimira Petrova Stoilova,
Institute of information and communication technologies – Bulgarian Academy of Sciences,
1113 Sofia, Acad.G.Bontchev str., BL.2

This review was prepared in my capacity as a member of a scientific jury, appointed by Order No. 1102/24.04.2026 of the Rector of the South-West University "Neofit Rilski".

1. Actuality of the problems in the PhD thesis

The dissertation examines problems related to the current topic of our time - the transition to green energy and the search for solutions for its more successful application. The theoretical description of the photovoltaic module is based on the nonlinear volt-ampere characteristic, which determines the presence of a unique operating point with maximum power. The position of this point is dynamic and changes depending on the current illumination and temperature of the cells. Therefore, the efficiency of the system is considered a dynamic quantity that depends on the ability of the control mechanisms to maintain operation near the maximum power point and to maximize the absorbed sunlight through optimal orientation of the photovoltaic modules. The research in the dissertation is aimed at increasing the efficiency of using photovoltaic systems in terms of photovoltaic elements and the systems that manage them. The topic is relevant both in scientific and applied aspects and I evaluate it positively.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and academic interpretation of the literary material

The doctoral student has conducted an in-depth analysis of solar tracking theory, maximum power accuracy tracking, and DC/DC converters. The applied comparisons of the different research methods in Chapter I demonstrate a very good familiarity with the problem and a clear comparative analysis of the state of published research in the areas considered. The doctoral student has established that in modern scientific research, the two methods for increasing the

efficiency of photovoltaic systems (solar trajectory tracking systems (STTS), which increase energy yield by ensuring perpendicular orientation of photovoltaic modules to the sun's position, and maximum power point tracking algorithms (MPPT), which ensure operation in optimal mode under changing lighting and temperature conditions) are considered as independent methods. This determines his scientific interest in finding a way to unify them in order to achieve better operational efficiency.

3. Correspondence of the chosen research methodology and the set goal and tasks of the dissertation with the contributions achieved

"The aim of the dissertation is to perform an in-depth theoretical analysis and evaluation of solar trajectory tracking methods and algorithms for maximum power extraction in photovoltaic systems, with the aim of identifying scientific gaps, formulating unified conceptual models and determining theoretical guidelines for optimizing the energy efficiency of photovoltaic installations."

To achieve the set goal, six main tasks have been formulated.

To solve the tasks set, I positively evaluate the applied research methods, including a classification method used to structure the different types of solar tracking systems and MPPT algorithms according to set criteria; modeling aimed at formulating models for assessing energy efficiency and losses in different control approaches; comparative analysis to assess the advantages, limitations and applicability of theoretical solutions in the optimization of photovoltaic systems; system analysis, in which photovoltaic systems are considered as a set of interacting subsystems - mechanical (orientation), electrical (operating point) and control.

4. Scientific and practical achievements in the PhD thesis

A theoretical analysis of the relationships between the orientation of photovoltaic modules and electrical operating modes, as well as the influence of different control strategies on the energy efficiency of photovoltaic systems, has been performed.

A mathematical model for assessing the energy efficiency of photovoltaic systems has been synthesized, which integrates the geometric aspects of the orientation of photovoltaic modules and the electrical operating modes determined by MPPT (Maximum Power Point Tracking) control. The first mechanism is related to maximizing the effective solar radiation on the module surface, while the second one aims to extract the maximum possible electrical power under given illumination and temperature conditions. The model includes the influence of solar radiation, solar tracking accuracy, temperature effects, MPPT algorithm dynamics and electronic conversion losses. Solar tracking maximizes the input energy through geometric optimization, while MPPT minimizes electrical losses through optimal operating point control. From the analysis of energy losses and theoretical efficiency limits, it follows that with consistent and coordinated control of the mechanical and electrical processes, the maximum potential of photovoltaic systems is achieved.

An optimization model is proposed to maximize the energy yield from photovoltaics with variable control of the system, tracking the solar trajectory and the operating voltage of the photovoltaic generator while satisfying a set of constraints of the optimization problem.

A simulation of energy yields of four different types of systems was performed – a system with a fixed photovoltaic module with optimal orientation without MPPT, a system with a fixed photovoltaic module with optimal orientation and MPPT, a system with a solar trajectory tracking systems (STTS) without MPPT and a system with a STTS and MPPT. The photovoltaic modules

are of the same type and have the same characteristics (technology, size, power, voltage, current) and conditions for illumination and temperature. The best result was obtained with the joint interaction of the STTS and MPPT, which proves the efficiency of the developed model.

I positively evaluate the results achieved in the dissertation, which are beneficial for expanding the theoretical basis of solar tracking systems and MPPT control and contribute to future applied developments to increase the efficiency of photovoltaic systems.

5. Opinion on publications on the topic of the dissertation

Four publications from two conferences in our country are presented, two of which are in print (official notes for their publication in a scientific collection are attached). Two of the publications are independent and two are joint with the scientific supervisor. The publications reflect basic research from the dissertation.

6. Few assessments, recommendations, and remarks

I think that the contributions of the dissertation are original and I recommend further research in this area, since, as the doctoral student emphasizes, the analysis is focused on the conceptual, methodological and systemic aspects of solar trajectory tracking systems and MPPT algorithms, without considering specific engineering solutions.

The recommendation is for publication in more prestigious publications with a SCOPUS or WoS rank and impact factor.

As a remark, I note that the rule for printed materials - for published articles/reports, pages/DOI/URL address should be listed as proof of publication, which is missing from the presented list of publications related to the dissertation work. It is recommended that this remark be taken into account in future research.

7. Conclusion

The dissertation of Master Alexander Evgeniev Ganev meets the requirements of the Law on the Educational and Scientific Degree "Doctor" and the Regulations for its implementation. The dissertation work contains scientific-applied and applied results of an innovative nature. They have original contributions to science, which I appreciate **positively**. The goal of the dissertation work has been achieved. The candidate has in-depth knowledge of the research topic. He demonstrates the ability for independent research and successful implementation of the problems being solved. I consider the dissertation's contributions to be significant for the private and public users. **I strongly recommend to the Honorable Scientific Jury the awarding of the educational and scientific degree "Doctor" to Aleksander Evgeniev Ganev** in the field of higher education 5.2 Electrical engineering, electronics and automation in the scientific specialty: „Electronization”.

June 3 2026

Member of the Scientific Jury:

Prof. D.Sc. Krasimira Stoilova