

Рецензия

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор” към професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“, по научна специалност „Електрически централи и подстанции“.

Автор на дисертационния труд:

маг. инж. Таньо Иванов Танев

Тема на дисертационния труд:

„Изследване на режимите на работа на фотоволтаични електрически централи“

Член на научното жури:

доц. д-р инж. Медиха Енвер Мехмед-Хамза

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията

Електроенергийната система е една от най-сложните и важни системи за съвременното общество. Познатата ни ЕЕС, изградена и експлоатирана десетилетия наред има сравнително устойчива и предсказуема концепция – централизирано производство, еднопосочен пренос на електроенергия и пасивни потребители. В съвременната електроенергийна система неизменна част са възобновяемите енергийни източници и системите за съхранение на енергия, което води до необходимостта от прогнозиране и изследване на режимите на работа.

Разглежданата в дисертационния труд проблематика е тясно свързана със съвременните тенденции в развитието на електроенергийните системи, характеризиращи се с ускорена интеграция на възобновяеми енергийни източници и по-специално фотоволтаични електроцентрали (ФЕЦ), както и батерии за съхранение на електрическа енергия. Тази трансформация води до съществени изменения в режимите на работа на електроенергийните системи, като поставя нови изисквания към точността на прогнозиране,

управлението на мощностите и балансирането на енергийните потоци.

Като особено значими са можем да отделим задачите, свързани с прогнозиране на производството на електрическа енергия; анализ на реални експлоатационни режими; интеграция на системи за съхранение на енергия и участие на ФЕЦ в либерализирани енергийни пазари.

В този контекст дисертационният труд разглежда комплекс от научно-приложни проблеми, свързани с разработването на модели и алгоритми за изследване на режимите на работа на ФЕЦ. Актуалността на темата се определя и от фокуса върху съвременни методи за обработка на данни, включително машинно обучение и използването на реални данни от измервания за валидиране на моделите.

Поставените цели и задачи са ясно формулирани и съответстват на актуалните нужди както на научната общност, така и на енергийната индустрия.

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

Дисертационният труд е разработен на базата на използвани 209 литературни източници. Всичките източници са на английски език, като под 10 % са от български автори. Считаю, че дисертантът е разгледал и обобщил огромен обем литературните източници по тематиката.

Литературният обзор в дисертационния труд е обширен и добре структуриран. Авторът демонстрира задълбочено познаване на съществуващите научни разработки в областта на моделирането на фотоволтаични системи, включително техните основни компоненти – фотоволтаични генератори, инвертори и системи за съхранение на енергията.

Разгледани са разнообразни подходи, които могат да бъдат групирани в няколко основни направления: физически базирани модели; емпирични и регресионни модели; методи за машинно обучение и дълбоко обучение и ансамблови и хибридни модели.

Прави впечатление, че авторът не се ограничава до описателно представяне на литературните източници, а извършва критичен анализ на техните предимства и недостатъци. Посочени са ограниченията на различните подходи, особено по отношение на приложимостта им при реални експлоатационни условия.

Авторът аргументира необходимостта от комбиниране на класически методи с модерни подходи, базирани на наличието на данни от множество измервания в реални обекти, което свидетелства за наличие на аналитично мислене и способност за научен анализ.

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

Дисертационния труд, е разработен в логическа последователност и реализира поставените цели. Подходът е интердисциплинарен и обединява елементи от класическата електроенергетика, математическото моделиране и съвременните методи за обработка на данни.

В работата са разработени:

- математически модели на фотоволтаични източници, отчитащи основните физични зависимости;
- емпирични модели на инвертори, базирани на реални измервания;
- модели на батерийни системи, включващи различни подходи за описание на тяхното поведение;
- модели за прогнозиране на производството на електроенергия, използващи методи за машинно обучение.

Следва да се отбележи използването на данни от реални измервания при разработването и валидирането на моделите. Това значително повишава надеждността на получените резултати и тяхната практическа приложимост.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

Материалът, върху който се базират изследванията, включва реални измервателни данни от фотоволтаични електроцентрали, както и допълнителни метеорологични и експлоатационни параметри. Това е съществено предимство на дисертационния труд, тъй като позволява разработване на модели, близки до реалните условия на работа.

Използвани са утвърдени статистически показатели за оценка на точността, като средна абсолютна грешка; средноквадратична грешка; нормализирана грешка; процентна грешка.

Методите за обучение, валидиране и тестване на моделите са коректно приложени. Представените резултати са добре структурирани и подкрепени с графични и аналитични зависимости.

Може да се направи заключение, че използваният подход е надежден, а направените изводи са логически последователни и обосновани.

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

Приносите на дисертационния труд имат ясно изразен научно-приложен и приложен характер.

Основните научно-приложни приноси могат да се обобщят:

- разработване на комплексен подход за моделиране на ФЕЦ, включващ основните им компоненти;
- създаване на алгоритми за прогнозиране на производството на електроенергия;
- анализ и сравнение на различни методи за машинно обучение при решаване на задачи, свързани с ФЕЦ;
- адаптиране на съвременни подходи за машинно обучение към специфичните условия на електроенергетиката.

Разработени са софтуерни инструменти, които позволяват изследване на режимите свързани с ФЕЦ чрез методите и средствата приложени в дисертационния труд.

Приносите са ясно формулирани и отговарят на изискванията към дисертационен труд за придобиване на степента „доктор“.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите

Анализът на съдържанието на дисертационния труд показва, че дисертантът има съществено лично участие във всички етапи на изследването – от формулиране на задачите, през разработване на моделите, до анализа и интерпретацията на резултатите.

Избраните методи, начинът на тяхното прилагане и направените обобщения свидетелстват за самостоятелна научноизследователска дейност и добра подготовка на автора в областта.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: брой, характер на изданията, в които са отпечатани. Отражение в науката – използване и цитиране от други автори, в други лаборатории, страни и пр.

Списъкът с научни публикации по темата на дисертацията се състои от шест броя трудове, като всичките са на английски език и в реферирани

издания. В четири от тях инж. Танев е първи автор, а представените публикации вече имат общо 21 цитирания.

При разработване на дисертацията са използвани и три проекта – два с международно и един с национално финансиране.

Представените публикации са в тематично съответствие с дисертационния труд и отразяват основните резултати от проведените изследвания. Техният брой е достатъчен, а съдържанието им показва последователност в научната работа на автора.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика. Наличие на постигнат пряк икономически ефект и пр. Документи, на които се основава твърдението

Резултатите от дисертационния труд имат потенциал за приложение в практиката, особено в областта на:

- планиране и прогнозиране на производството на електроенергия;
- управление на фотоволтаични електроцентрали;
- оптимизация на работата на системи за съхранение на енергия.

Използването на реални данни и ориентираността към практически задачи създават предпоставки за внедряване на разработените модели в реални условия.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд

Авторефератът е изготвен съгласно установените изисквания. В него са представени основните положения, методи и приноси на дисертационния труд по ясен и структуриран начин. Съдържанието на автореферата коректно отразява същността на дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки

Дисертационният труд е разработен на високо ниво. Като препоръка е да се продължи със събирането на данни от реални измервания, за да се разшири базата за проверка на адекватността на моделите.

11. Заключение с ясна положителна или отрицателна оценка на дисертационния труд

Дисертационният труд разглежда актуални научно-приложни

проблеми в областта на електроенергетиката. В доклади на международни конференции, които са достъпни в световните научни бази данни, са представени постигнатите резултати от докторанта. Представените научно-приложни и приложни приноси са реални.

Дисертацията е оформена и отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за приложението му и на Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в ТУ-София.

В заключение, базирайки се на гореизложеното давам положителна оценка на дисертационния труд и моето становище е: да бъде присъдена образователна и научна степен “доктор” на маг. инж. Таньо Иванов Танев.

25.03.2026 г.

Рецензент:

Review

on a dissertation for the award of the educational and scientific degree “Doctor” in professional field 5.2 “Electrical Engineering, Electronics and Automation”, scientific specialty “Electrical Power Plants and Substations”.

Author of the dissertation:

MSc Eng. Tanyo Ivanov Tanev

Title of the dissertation:

"Study of the operating modes of photovoltaic power plants"

Member of the scientific jury:

Assoc. Prof. Dr. Eng. Mediha Enver Mehmed-Hamza

1. Relevance of the problem developed in the dissertation in scientific and applied scientific terms. Degree and levels of relevance of the problem and the specific tasks developed in the dissertation.

The electric power system is one of the most complex and essential systems for modern society. The conventional power system, developed and operated over decades, follows a relatively stable and predictable concept—centralized generation, unidirectional power flow, and passive consumers. In the contemporary power system, renewable energy sources and energy storage systems are an integral part, which necessitates forecasting and studying their operating modes.

The issues examined in the dissertation are closely related to current trends in the development of electric power systems, characterized by accelerated integration of renewable energy sources, particularly photovoltaic power plants (PVPPs), as well as battery energy storage systems. This transformation leads to significant changes in system operating modes and imposes new requirements for forecasting accuracy, power management, and energy flow balancing.

Particularly important are the tasks related to forecasting electricity production; analysis of real operational modes; integration of energy storage systems; and the participation of PVPPs in liberalized electricity markets.

In this context, the dissertation addresses a set of scientific and applied-scientific problems related to the development of models and algorithms for studying the operating modes of PVPPs. The relevance of the topic is further

supported by the focus on modern data-processing methods, including machine learning, and the use of real measurement data for model validation.

The objectives and tasks are clearly formulated and correspond to the current needs of both the scientific community and the energy industry.

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

The dissertation is based on 209 referenced sources. All sources are in English, with fewer than 10% authored by Bulgarian researchers. The doctoral candidate has reviewed and synthesized an extensive body of literature on the topic.

The literature review is comprehensive and well structured. The author demonstrates in-depth knowledge of existing scientific work in the field of photovoltaic system modeling, including their main components—PV generators, inverters, and energy storage systems.

Various approaches are examined, which can be grouped into several main categories: physics-based models; empirical and regression models; machine learning and deep learning methods; ensemble and hybrid models.

The author does not limit the review to descriptive summaries but provides a critical analysis of the advantages and limitations of the different approaches, especially regarding their applicability under real operating conditions.

The need to combine classical methods with modern data-driven approaches is well justified, demonstrating analytical thinking and the ability to conduct scientific analysis.

3. Compliance of the chosen research methodology with the goal and objectives of the dissertation.

The dissertation is developed in a logical sequence and successfully achieves the stated objectives. The approach is interdisciplinary, combining elements of classical power engineering, mathematical modeling, and modern data-processing techniques.

The work includes:

- mathematical models of photovoltaic sources reflecting key physical dependencies;
- empirical inverter models based on real measurements;
- models of battery systems using different approaches to describe their behavior;

- forecasting models for electricity production using machine learning methods.

The use of real measurement data for model development and validation is noteworthy. This significantly enhances the reliability and practical applicability of the results.

4. Analytical characteristics and assessment of the reliability of the material forming the basis of the dissertation's contributions

The research is based on real measurement data from photovoltaic power plants, supplemented by meteorological and operational parameters. This is a major strength of the dissertation, as it enables the development of models closely aligned with real operating conditions.

Established statistical indicators are used to assess accuracy, including mean absolute error, root mean square error, normalized error, and percentage error.

The methods for training, validation, and testing of the models are correctly applied. The presented results are well structured and supported by graphical and analytical dependencies.

The approach is reliable, and the conclusions are logically consistent and well justified.

5. Scientific and applied-scientific contributions of the dissertation

The contributions of the dissertation have a clearly expressed applied-scientific and practical character.

The main contributions can be summarized as follows:

- development of a comprehensive modeling approach for PVPPs, covering their main components;
- creation of algorithms for forecasting electricity production;
- analysis and comparison of different machine learning methods for PVPP-related tasks;
- adaptation of modern machine learning approaches to the specific conditions of power engineering.

Software tools have been developed that enable the study of PVPP operating modes using the methods and techniques applied in the dissertation.

The contributions are clearly formulated and meet the requirements for awarding the degree of Doctor.

6. Assessment of the doctoral candidate's personal contribution

The analysis of the dissertation content shows that the candidate has substantial personal involvement in all stages of the research—from task formulation, through model development, to analysis and interpretation of the results.

The selected methods, their application, and the derived conclusions demonstrate independent research activity and solid preparation in the field.

7. Assessment of the publications on the dissertation: number, nature of the publications in which they are printed. Reflection in science – use and citation by other authors, in other laboratories, countries, etc.

The list of scientific publications includes six works, all in English and published in peer-reviewed outlets. In four of them, Eng. Tanev is the first author. The publications have already received a total of 21 citations.

Three research projects—two international and one national—have contributed to the development of the dissertation.

The publications are thematically aligned with the dissertation and reflect the main results of the research. Their number is sufficient, and their content demonstrates consistency in the author's scientific work.

8. Use of the dissertation results in scientific and social practice.

The results have potential applications in:

- planning and forecasting electricity production;
- management of photovoltaic power plants;
- optimization of energy storage system operation.

The use of real data and the practical orientation of the research create favorable conditions for implementing the developed models in real-world settings.

9. Assessment of the compliance of the abstract with the requirements

The abstract is prepared in accordance with the established requirements. It presents the main concepts, methods, and contributions of the dissertation clearly and coherently. Its content accurately reflects the essence of the dissertation.

10. Opinions, recommendations and comments.

The dissertation is developed at a high academic level. As a recommendation, the candidate should continue collecting real measurement data

to further expand the basis for validating the models.

11. Conclusion with a clear positive or negative assessment of the dissertation.

The dissertation addresses relevant scientific and applied-scientific problems in the field of power engineering. The results have been presented at international conferences indexed in global scientific databases. The scientific and applied contributions are genuine.

The dissertation is properly formatted and meets the requirements of the Law on the Development of Academic Staff in the Republic of Bulgaria, its regulations, and the internal rules of the Technical University of Sofia.

Based on the above, I give a positive evaluation of the dissertation and recommend that M.Sc. Eng. Tanyo Ivanov Tanev be awarded the educational and scientific degree Doctor.

Date: 25.03.2026

Reviewer:.....