

## **РЕЦЕНЗИЯ**

върху дисертационен труд за  
придобиване на образователна и научна степен „доктор”  
в професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика”,  
научна специалност „Електроснабдяване и електрообзавеждане на  
промишлеността“

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Атанас Тодоров Захов**

Тема на дисертационния труд:

**„Интелигентните мрежи и съвременният град”**

Рецензент: **проф. д-р инж. Васил Димитров Димитров,**

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков” - София

Рецензията е изготвена на основание Заповед за назначаване на Научно жури № ОЖ-5.2-65/19.07.2024 г. на Ректора на Технически университет – София и в съответствие с решенията на журито, взети на неговото първо заседание.

Маг. инж. Атанас Тодоров Захов е зачислен в задочна докторантура към катедра „Електроснабдяване, електрообзавеждане и електротранспорт” със заповед на Ректора на ТУ – София № 744/ 12.03.2019 г. (считано от 01.03.2019 г.). Научен ръководител е доц. д-р инж. Николай Стефанов Матанов. По време на обучението си докторантът е положил успешно три изпита по специалността, предвидени в индивидуалния учебен план, както и изпит по английски език. Той е отчислен с право на защита със заповед на Ректора на ТУ – София № 3204/ 12.10.2023 г. (считано от 01.09.2023 г.).

Дисертационният труд е разгледан и обсъден на Разширен катедрен съвет на катедра „Електроснабдяване, електрообзавеждане и електротранспорт” на 15.07.2024 г. (Протокол № 276). Направено е предложение за откриване на процедура за защита, което е одобрено от Факултетния съвет на Електротехнически факултет на 17.07.2024 г. (Протокол № 11).

**1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение. Степен и ниво на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.**

Предмет на изследване в дисертационният труд са възможностите за приложение на интелигентните мрежи (Smart Grid) с цел повишаване на енергийната ефективност на жилищните сгради в съвременните условия на мрежи с разпределени източници на енергия и осигуряване на хранване на увеличаващия се брой електрически автомобили. Имайки предвид тенденцията за постоянно нарастване на потреблението на електрическа енергия (особено в силно урбанизираните райони), разработката се характеризира с висока степен на актуалност – чрез използване на съвременни методи за изследване (вкл. моделиране и симулация) се предлагат решения на разглежданите проблеми.

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

Библиографията включва 107 литературни източника (10 от тях са авторски публикации, 12 стандарти и 23 интернет сайтове). От тях 106 са на английски език и 1 – на български език.

Библиографията отразява адекватно актуалното състояние на разглежданите научни проблеми – над 96% от източниците са публикувани през последните 15 г.

Дисертационният труд показва, че докторантът притежава задълбочени знания по специалността, способности за провеждане на самостоятелни научни изследвания и за творческа интерпретация на зависимостите, известни от литературата.

## **3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставените цел и задачи на дисертационния труд.**

Избраната методика се състои в теоретичен анализ на изследваните проблеми, разработване и симулация на модели и търсене на оптимални решения. Предложена е реализация на получените резултати в конкретни обекти. Комплексното използване на аналитични изследвания и на методите на компютърно моделиране, симулиране и оптимизация води до изпълнението на поставените цел и задачи и до формулирането на приносите на дисертационния труд.

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

Дисертационният труд е разработен в добър стил в обем от 124 стр., включително съдържание, библиография и списъци на фигурите, таблиците и използваните съкращения. Структуриран е в кратък увод, четири глави и претенции за приноси. В три Приложения са представени Карти на зарядните станции в Република България и две разработени лабораторни упражнения (общо 13 стр.).

В първа глава (в обем от 40 страници) са систематизирани етапите в еволюцията на интелигентната мрежа, описани са предимствата ѝ спрямо традиционната мрежа, както и използваните технологии. Проучен е потенциалът на инфраструктурата за внедряване на интелигентно измерване на ел. енергия, необходимата апаратура и възможностите за комуникация. Анализирани са проблемите, свързани с изграждането и управлението на инфраструктурата от зарядни станции за електромобили, посочени са насоки за успешното ѝ развитие и съчетаването с интелигентната мрежа.

В края е уточнена целта на дисертационния труд: повишаване на ефективността на разпределителните мрежи, захранващи силно урбанизирани райони, чрез прилагане на интелигентни мрежи и управление на електрическите товари.

За постигането на поставената цел докторантът е формулирал поетапното решаване на основните задачи на дисертационния труд, разгледани в следващите глави.

Във втора глава (в обем от 24 страници), с цел изследване работата на зарядните станции, са разработени модели:

- на литиево-йонна батерия (като най-масово използвана в електромобилите), както и процесите на зареждане и разреждане;

- на *двупосочен DC/DC преобразувател - батерия* и *двупосочен AC/DC преобразувател - трансформатор (захранваща мрежа)*: реализирани са на базата на IGBT и широчинно-импулсна модулация, което осигурява поддържане на висок фактор на мощност;

- обобщен модел, в който са включени и блок за управление и измервателната апаратура.

Проведени са симулации при различни зададени параметри и в различни режими – G2V (мрежа към превозно средство), V2G (превозно средство към мрежа) и превключване между тях. Представените модели са основа за разработването на алгоритми за управление на множество зарядни станции, могат да се използват и за тестване на различни режими на работа и алгоритми за управление при изграждане на SCADA системи.

В трета глава (в обем от 14 страници) са разработени алгоритми и програми за управление работата на група зарядни станции, като се използва специално разработен модел на електроснабдяване на сграда и зарядни станции с ограничена захранваща мощност и променлив товаров график. Разгледани са различни концепции и са посочени решения за интелигентно и рентабилно управление на потреблението на енергия в сградата, оптимизиране на натоварването с цел осигуряване на разпределение на мощността между всички зареждащи се електромобили, имайки предвид наличния капацитет на захранващия източник.

В четвърта глава (в обем от 16 страници) са представени методика и алгоритъм за управление на потреблението в жилищна сграда, с цел прилагане при изграждането на интелигентни системи за енергиен мениджмънт на домове. Уточнени са направлението за подобряване на енергийната ефективност на жилищните сгради – минимизиране на загубите на енергия в електрическата инсталация, използване на енергия в точното време и на най-ниската цена, поддържане на ефективността на сградата във времето. Представени са подходи за постигането им чрез конкретни технически решения. Предложени са модели за оптимизиране разходите за електрическа енергия в битови сгради, като се разглеждат два варианта (къща, захранвана само от мрежата или от фотоволтаична централа с възможност за съхранение на енергия и връзка с мрежата), дефинирани са целеви функции (по критерии минимизиране разходите за консумираната електрическа енергия) и ограничителни условия.

Дисертационният труд показва, че докторантът притежава способности за провеждане на научноизследователска дейност: демонстрира висока степен на

запознаване с проблема, умее да използва правилно литературния материал при провеждане на научни изследвания, при работа със специализиран софтуер за моделиране, симулация и оптимизационни процедури, при анализа и тълкуването на постигнатите резултати. Разработените модели могат да се използват като база за реализация на отправените конкретни предложения за подобряване на енергийната ефективност и да послужат за основа при трансформацията към интелигентни мрежи.

## **5. Приноси на дисертационния труд.**

Съгласен съм по същество с предложените приноси на дисертационния труд, класифицирани от докторанта като научноприложни и приложни.

Те могат да бъдат отнесени към *Създаване на нови модели, методи, конструкции и технологии; Доказване с нови средства на съществени нови страни на вече съществуващи научни области и проблеми; Получаване на потвърдителни факти.*

Приносите могат да бъдат обобщени по следния начин:

### Научноприложни приноси

✓ Разработени са модели на работа на зарядна станция с възможност за симулации и изследвания при превключвания в два режима - на консумиране или на източник на електрическа енергия.

✓ Разработен е модел на електроснабдителна система с променлив конвенционален товар и инсталирана група зарядни станции, който може да се използва за изследване режимите на работа и системите за управление на електрическите товари.

✓ Разработен е модел за оптимизиране разходите за електрическа енергия в битови сгради, при две различни постановки на задачата и с две целеви функции.

### Приложни приноси

✓ Разработени са алгоритъм и програма за управление на група зарядни станции, захранвани с ограничена и променяща се във времето мощност.

✓ Синтезирана е принципна блокова схема на интелигентна система за енергиен мениджмънт на дома и е разработен алгоритъм на работа.

✓ Разработени са лабораторни упражнения за изследване на DC/DC конвертори и двупосочни преобразуватели (базирани са на предложените в дисертационния труд модели).

Значимостта на приносите може да бъде определена като висока, тъй като с внедряването на предложените разработки може да се подобри в значителна степен енергийната ефективност на изследваните обекти.

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

Предвид представените научни изследвания, съчетаващи теоретичен анализ и работа със специализиран софтуер, считам, че дисертационният труд е разработен в значителна степен от докторанта, под ръководството на научния

ръководител. Инженерните и техническите изследвания са интегрирани в софтуерни продукти за разработване и симулация на модели, оценка на приложимостта и оптимизация по различни критерии. Считаю, че той е изграден инженер-специалист, доказва способности за провеждане на самостоятелни научни изследвания и внедряване на получените резултати с цел подобряване на енергийната ефективност на сгради и осигуряване на преход към интелигентни мрежи, внедряване на системи за енергиен мениджмънт в домовете.

#### **7. Преценка на публикациите по дисертационния труд.**

По дисертационния труд са представени пет публикации в съавторство с научния ръководител (докторантът е на второ място в публикациите). Изнесени са доклади на *Electrical Engineering Faculty Conferences „BulEF“ – 2019-2023*, публикувани в IEEE Xplore Digital Library и индексирани в Scopus.

Съгласно *Правилник за условията и реда за придобиване на научни степени в Технически университет – София*, за присъждане на ОНС „доктор“ е необходимо (освен представяне на дисертационен труд – Показател А - 50 т.) покриване на изисквания за Публикационна дейност минимум 30 т. От представените научни публикации може да се определи броят точки по показател Г7 – *Научни публикации в издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация – 5 бр.* (две публикации с два автора, три – с три автора): **80 т.**, което значително надхвърля изискванията.

Публикациите отразяват основни резултати от изследванията в дисертацията и може да се счита, че е постигната необходимата публичност пред професионалната научна общност.

#### **8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика.**

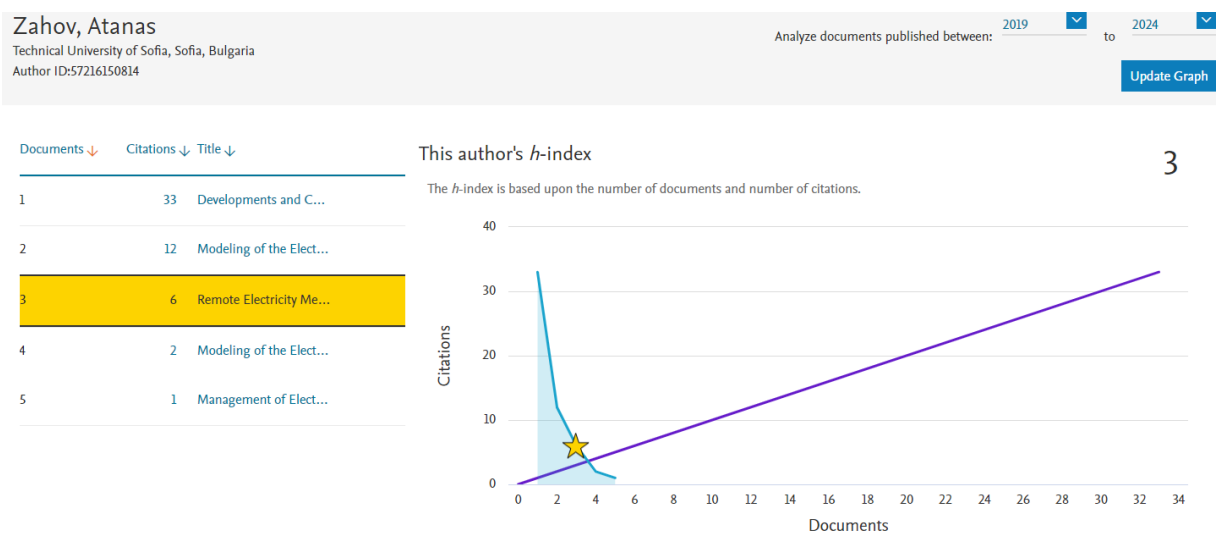
Направените аналитични изследвания и получените резултати показват, че предложените оригинални подходи и разработените модели и алгоритми дават възможност за решаване на редица задачи, свързани с повишаване на енергийната ефективност в сгради и при инсталиране на зарядни станции.

Разработената програма може да се използва в реални контролери за управление на зарядната инфраструктура на електрическите автомобили.

Предложените математически модели могат да се прилагат с цел вземане на целесъобразни решения при проектирането на SCADA системи в разпределителните мрежи на градовете.

Резултатите от дисертацията ще се използват и в обучението на студенти и докторанти, при провеждането на научни изследвания от преподаватели и млади учени.

*Справка, направена в световноизвестната база данни с научна информация Scopus, показва за докторанта **h-index = 3 (53 цитирания на петте доклада)**, което е висока оценка за постигната известност в научните среди и за използване на резултатите от дисертационния труд в практиката.*



### 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 структуриран в обем от 30 стр., формат А4 и е в съответствие със съдържанието на дисертацията. Той пълно и ясно отразява основните положения от дисертационния труд, което позволява да се преценят актуалността на разглежданите проблеми, начините за тяхното решаване и получените резултати. Към всяка глава са обобщени изводи, включени са приносите и авторските публикации. Представена е анотация на английски език, както е според изискванията.

### 10. Мнения, препоръки и бележки.

Предвид актуалността на тематиката, представените анализи, модели, симулации и предложените решения на поставените проблеми считам, че дисертационният труд е завършена научноприложна разработка.

Имам някои препоръки и забележки от технически характер:

- ✓ По отношение на библиографията – желателно е да е подредена по азбучен ред (като стандартите и интернет сайтовете да са в края) и авторските публикации да не бъдат включени в списъка. Не са посочени автори на някои литературни източници.
- ✓ Желателно е да се добави заключение – резюме на получените резултати преди приносите (както е според изискванията).
- ✓ Забелязва се неправилно членуване, както и пунктуационни и технически грешки.

Отправените бележки не омаловажават разработката и лесно могат да бъдат отстранени поне в електронния вариант на дисертацията, депозирана в НАЦИД.

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

Считам, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в Технически Университет – София. Получени са достатъчно научноприложни и приложни приноси. Постигната е известност в научните среди и професионалната инженерна общност.

**Препоръчвам на научното жури да присъди образователната и научна степен „ДОКТОР”** на маг. инж. Атанас Тодоров Захов в професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“, научна специалност „Електроснабдяване и електрообзавеждане на промишлеността“.

**Дата: 11.10.2024**

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

/ проф. д-р инж. Васил Димитров/

## **R E V I E W**

on a dissertation for  
the acquisition of an educational and scientific degree "doctor"  
in field of higher education – 5. Technical sciences,  
professional field 5.2. "Electrical engineering, electronics and automation",  
scientific specialty "Power supply and electrical equipment of industry"

Author of the dissertation: **Eng. Atanas Todorov Zahov, MSc**

Dissertation topic:

**"Smart grids and the modern city"**

Reviewer: **Prof. Dr. Eng. Vasil Dimitrov Dimitrov,**  
"Todor Kableshkov" Higher School of Transport - Sofia

The review was prepared on the basis of the Order for the appointment of a Scientific Jury No. OJ-5.2-65/19.07.2024 of the Rector of the Technical University – Sofia and in accordance with the decisions of the jury taken at its first meeting.

Eng. Atanas Todorov Zahov, MSc has been enrolled in part-time PhD studies at the Department of "Electrical Power Supply, Electrical Equipment and Electric Transport" by order of the Rector of TU - Sofia No. 744/ 12.03.2019 (considered from 01.03.2019). Academic supervisor is Assoc. Prof. Dr. Eng. Nikolay Stefanov Matanov. During his studies, the PhD student has successfully passed three exams in the specialty provided for in the individual study plan, as well as an exam in English. He was dismissed with the right of defense by order of the Rector of TU - Sofia No. 3204/12.10.2023 (considered from 01.09.2023).

The dissertation work was reviewed and discussed at the Extended Departmental Council of the Department of "Electrical Power Supply, Electrical Equipment and Electric Transport" on 15.07.2024 (Protocol No. 276). A proposal was made to open a defense procedure, which was approved by the Faculty Council of the Faculty of Electrical Engineering on 17.07.2024 (Protocol No. 11).

### **1. Actuality of the problem developed in the dissertation work in scientific and applied scientific terms. Degree and level of relevance of the problem and specific tasks developed in the dissertation.**

The subject of research in the dissertation work are the possibilities for the application of Smart Grids with the aim of increasing the energy efficiency of residential buildings in the contemporary conditions of networks with distributed energy sources and providing power to the increasing number of electric cars. Taking into account the tendency for a constant increase in the consumption of electrical energy (especially in highly urbanized areas), the development is characterized by a high degree of relevance – by using contemporary research methods (including modeling and simulation), solutions to the problems under consideration are proposed.



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

The bibliography includes 107 literary sources (10 of them are author's publications, 12 standards and 23 internet sites). Of these, 106 are in English and 1 in Bulgarian.

The bibliography adequately reflects the current state of the scientific problems under consideration - over 96% of the sources were published in the last 15 years.

The dissertation work shows that the PhD student has in-depth knowledge of the specialty, abilities to conduct independent scientific research and to creatively interpret the addictions known from the literature.

## **3. Correspondence of the chosen research methodology with the set goals and objectives of the dissertation work.**

The chosen methodology consists in theoretical analysis of the studied problems, development and simulation of models and search for optimal solutions. Implementation of the obtained results in specific objects is proposed. The complex use of analytical research and the methods of computer modeling, simulation and optimization leads to the fulfillment of the set goals and tasks and to the formulation of the contributions of the dissertation work.

## **4. Brief analytical description of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are based.**

The dissertation work is well-styled in a volume of 124 pages, including table of contents, bibliography and lists of figures, tables and abbreviations used. It is structured in a short introduction, four chapters and claims for contributions. Maps of the charging stations in the Republic of Bulgaria and two developed laboratory exercises are presented in three Appendices (13 pages in total).

In the first chapter (in a volume of 40 pages), the stages in the evolution of the Smart Grid are systematized, its advantages over the traditional network are described, as well as the technologies used. The potential of the infrastructure for the implementation of intelligent energy metering, the necessary equipment and the possibilities of communication have been studied. The problems related to the construction and management of the infrastructure of charging stations for electric cars are analyzed, guidelines are indicated for its successful development and the combination with the smart grid.

In the end of the chapter, the aim of the dissertation work is specified: increasing the efficiency of the distribution networks supplying highly urbanized areas, through the application of smart grids and management of electric loads.

To achieve the set goal, the PhD student has formulated the step-by-step solution of the main tasks of the dissertation work, discussed in the following chapters.

In the second chapter (in a volume of 24 pages), in order to study the operation of the charging stations, models have been developed:

- of a lithium-ion battery (as the most widely used in electric cars), as well as the charging and discharging processes;

- of a *two-way DC/DC converter - battery* and *two-way AC/DC converter - transformer (power supply network)*: they are developed on the basis of IGBT and pulse width modulation, which ensures maintenance of a high power factor;

- a generalized model, which also includes a control unit and measuring equipment.

Simulations were carried out at different set parameters and in different modes – G2V (Network to Vehicle), V2G (Vehicle to Network) and switching between them. The presented models are the basis for the development of control algorithms for multiple charging stations. They can also be used to test different operating modes and control algorithms when building SCADA systems.

In the third chapter (in a volume of 14 pages), algorithms and programs are developed for managing the operation of a group of charging stations, using a specially developed model of power supply of a building and charging stations with limited power supply and a variable load schedule. Different concepts are considered and solutions are indicated for intelligent and cost-effective management of energy consumption in the building, optimizing the load in order to ensure the distribution of power between all charging EVs, taking into account the available capacity of the power source.

In the fourth chapter (in a volume of 16 pages), a methodology and algorithm for managing consumption in a residential building are presented, with the aim of applying it to the construction of intelligent systems for energy management of homes. The directions for improving the energy efficiency of residential buildings are specified - minimizing energy losses in the electrical installation, using energy at the right time and at the lowest price, maintaining the efficiency of the building over time. Approaches to achieve them through specific technical solutions are presented. Models are proposed to optimize the costs of electrical energy in domestic buildings, considering two variants (a house powered only by the grid or by a photovoltaic plant with the possibility of energy storage and connection to the grid), objective functions are defined (according to the criteria of minimization of the costs of the consumed electrical energy), as well as limiting conditions.

The dissertation shows that the PhD student has the ability to conduct scientific research: demonstrates a high degree of familiarity with the problem, knows how to correctly use literary material when conducting scientific research, when working with specialized software for modeling, simulation and optimization procedures, when analyzing and the interpretation of the results achieved. The developed models can be used as a basis for the implementation of the specific proposals made to improve energy efficiency and serve as a basis for the transformation to smart grids.

## **5. Contributions of the dissertation work.**

I agree in substance with the proposed contributions of the dissertation, classified by the PhD student as scientific - applied and applied.

They can be referred to *Creation of new models, methods, constructions and technologies; Demonstrating by new means substantial new aspects of already existing scientific fields and problems; Obtaining corroborating facts.*

The contributions can be summarized as follows:

#### Scientific - applied contributions

- ✓ Models of the operation of a charging station have been developed with the possibility of simulations and research when switching in two modes - of consumption or of a source of electrical energy.
- ✓ A model of a power supply system with a variable conventional load and an installed group of charging stations has been developed, which can be used to study operating modes and systems of control on electric loads.
- ✓ A model has been developed for optimizing the costs of electrical energy in domestic buildings, in two different settings of the task and with two objective functions.

#### Applied Contributions

- ✓ An algorithm and program for managing a group of charging stations supplied with limited and time-varying power have been developed.
- ✓ A basic block diagram of an intelligent home energy management system has been synthesized and an operating algorithm has been developed.
- ✓ Laboratory exercises have been developed for the study of DC/DC converters and two-way converters (they are based on the models proposed in the dissertation).

The significance of the contributions can be defined as high, since with the implementation of the proposed developments, the energy efficiency of the studied objects can be significantly improved.

### **6. Evaluation of the degree of personal participation of the PhD student in the contributions.**

Given the presented scientific research, combining theoretical analysis and work with specialized software, I consider that the dissertation work was developed to a significant extent by the PhD student, under the guidance of the research supervisor. Engineering and technical research is integrated into software products for model development and simulation, applicability assessment and optimization according to various criteria. I believe that he is built as a specialist engineer, demonstrates the ability to conduct scientific research and implement the results obtained in order to improve the energy efficiency of buildings and ensure the transition to smart grids, the implementation of energy management systems in homes.

### **7. Evaluation of publications on the dissertation work.**

Five publications co-authored with the supervisor are presented on the dissertation work (the PhD student is in second place in the publications). Papers of *the Electrical Engineering Faculty Conferences "BuIEF" - 2019-2023* are presented, published in the IEEE Xplore Digital Library and indexed in Scopus.

According to *the Regulations for the terms and conditions for the acquisition of scientific degrees at the Technical University - Sofia*, in order to be awarded an ESD “Doctor”, it is necessary (apart from the presentation of a dissertation - Indicator A - 50 points) to meet the requirements for publication activity of at least 30 points. From the presented scientific publications, it is possible to determine the number of points according to indicator G7 - *Scientific publications in editions, referenced and indexed in world-renowned databases with scientific information* - **5 publications** (two of them with two authors, three - with three authors): **80 points**, which significantly exceeds the requirements.

The publications reflect the main results of the research in the dissertation and can be considered to have achieved the necessary publicity in the professional scientific community.

## 8. Using the results of the dissertation work in scientific and social practice.

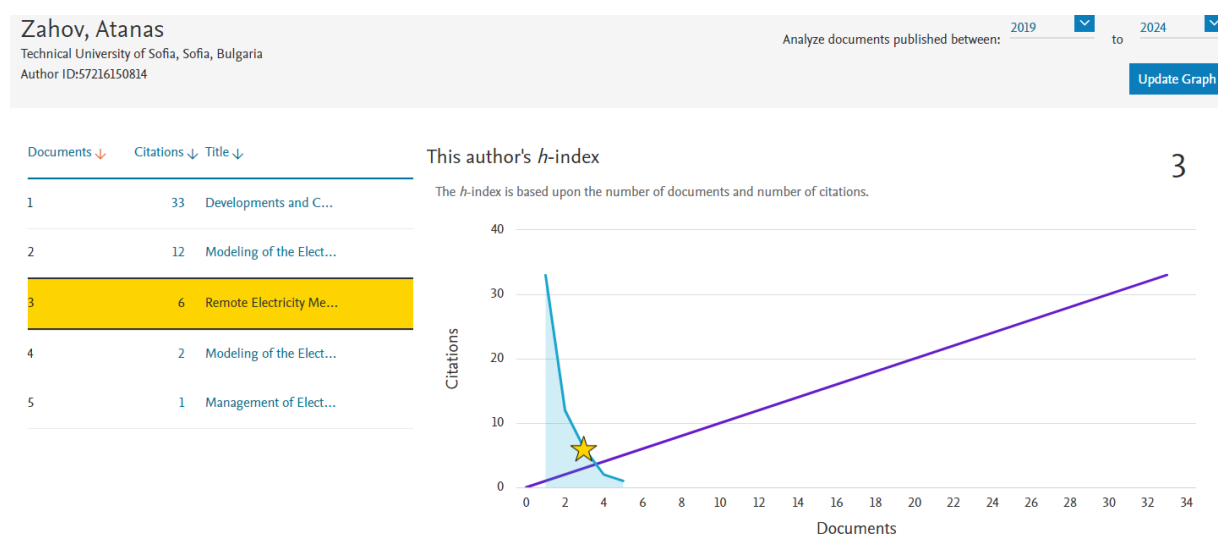
The analytical studies and the results obtained show that the proposed original approaches and the developed models and algorithms enable solving a number of tasks related to increasing energy efficiency in buildings and installing charging stations.

The developed program can be used in real controllers to manage the charging infrastructure of electric cars.

The proposed mathematical models can be applied in order to make appropriate decisions in the design of SCADA systems in the distribution networks of cities.

The results of the dissertation will also be used in the training of students and PhD students, in the conduct of scientific research by teachers and young scientists.

*A reference made in the world-renowned database of scientific information Scopus shows for the PhD student **h-index = 3** (53 citations of the five reports), which is a high score for achieved fame in scientific circles and for using the results of the dissertation work in practice.*



**9. Assessment of the compliance of the abstract with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of reflecting the main points and contributions of the dissertation work.**

The abstract is structured in a volume of 30 pages, format A4 and is in accordance with the content of the dissertation. It fully and clearly reflects the main points of the dissertation work, which allows to assess the relevance of the considered problems, the ways to solve them and the obtained results. There are summarized conclusions for each chapter, contributions and author's publications are included. An English abstract is provided as required.

**10. Opinions, recommendations and notes.**

Given the actuality of the topic, the presented analyses, models, simulations and the proposed solutions to the problems, I consider that the dissertation work is a completed scientific applied development.

I have some recommendations and remarks of a technical nature:

✓ Regarding the bibliography - it is desirable that it is arranged in alphabetical order (with the standards and websites at the end) and that the author's publications are not included in the list. Authors of some literary sources are not indicated.

✓ It is desirable to add a conclusion - a summary of the results obtained before the contributions (as required).

✓ Punctuation and technical errors are noted.

The comments made do not detract from the development and can easily be removed, at least in the electronic version of the dissertation deposited in NACID.

**11. Conclusion with a clear positive or negative evaluation of the dissertation work.**

I believe that the presented dissertation meets the requirements of the LDASRB and the Regulations for the conditions and procedures for acquiring scientific degrees at the Technical University - Sofia. Sufficient scientific-applied and applied contributions have been received. Prominence has been achieved in academia and the professional engineering community.

**I recommend the scientific jury to award the educational and scientific degree "DOCTOR" to Eng. Atanas Todorov Zahov, MSc. in professional field 5.2. "Electrical engineering, electronics and automation", scientific specialty "Power supply and electrical equipment of industry".**

**Date: 11/10/2024**

**REVIEWER:**

/ Prof. Dr. Eng. Vasil Dimitrov/