

СТАНОВИЩЕ

по дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор”

по Научна специалност: «Автоматизация на инженерния труд и системи за автоматизирано проектиране»

в Професионално направление: 5.1 “Машинно инженерство”

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Благовест Николов Златев**, докторант в Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини” Факултет „МТФ” на ТУ - София

Тема на дисертационния труд: „*Моделиране и изследване процеса на изграждане на дигитален близък чрез виртуален прототип*”

Становището е изготвено от **проф. д-р инж. Иван Василев Иванов**, член на научното жури определено със заповед № ОЖ 5.1-17/15.03.2022 г. на Ректора на ТУ-София.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение. Степен и нива на актуалност на конкретните задачи, разработени в дисертацията.

Дисертационният труд засяга актуален и важен проблем в научно-приложно отношение, от една страна относно необходимостта от ускорено иновативно развитие на съвременното машиностроене, и от друга страна относно прилагането за тази цел на технологиите за виртуално прототипиране на сложни мултифизични системи. Обуславяща актуалността на работата е също така необходимостта от иновативни подход и инструменти/интелигентни средства за оценка в етапа на проектиране на сложни мултифизични системи в областта на машиностроенето. Актуални са конкретните задачи, поставени и решени в дисертацията.

Съвременното разбиране за моделиране и разработване на виртуален прототип (ВП) като комплексен процес по избор и прилагане на интелигентни иновативни решения, кореспондира с представения в дисертационния труд каскаден подход, който позволява ефективен ускорен процес при разработването на една реална сложна мултифизична система и повишаване достоверността при на изграждане на дигиталния ѝ близък (ДБ) на базата на ВП.

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

Докторантът Благовест Златев представя обзорно състоянието на проблема на базата на 93 информационни източници, от които 6 % са публикации на български, 86 % са публикации на английски и 8 % са интернет адреси.

Направени са основателни изводи от обзора с акцент върху развитието и възможностите на виртуалните прототипи. Аргументирана е като необходима предпоставката „високо ниво на достоверност на ВП на даден физически обект“ за да се постигне надграждане на ВП до ДБ.

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

Целесъобразен и ефективен е методичният подход на докторанта - започва с проучване и анализ на проблема по информация от литературата - от дефинициите на понятията ВП, ДБ и др., средствата за създаването и приложимостта им в практиката. Развива методология за моделиране, изграждане и изследване на мултифизичен виртуален прототип и повишаване прецизността. Синтезира и прилага каскаден подход с итеративна свързаност между ВП и физически прототип (ФП), изгражда и верифицира ДБ и апробира методологията за създаване иновативни електрически машини.

Благовест Златев дефинира много добре целта на дисертацията и пет основни задачи за постигането ѝ. Решава същите и аргументирано извежда приноси, съответстващи на целта на цялостното изследване.

4. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд

По общоприетите критерии за приноси на дисертационен труд, представени по-долу в утвърдените групи, в случая от формулираните предложения на докторанта, могат да бъдат признати следните научноприложни приноси:

- i. ***създаване и прилагане на нови методи на изследване:***
 - Синтезирането и апробирането на иновативен каскаден подход за създаване на виртуален прототип с висока степен адекватност на реален обект, конструиране и изработване на физически прототип, фина калибриране на ВП чрез итеративната му свързаност с ФП, и в комуникационна среда на платформата „Интернет на нещата (IoT)“ – изграждане на дигитален близък. Подходът, базиран на три етапа, убедително показва високи нива на достоверност и точност при изграждане на дигитални близници.
 - Предложената иновативна концепция на високо ефективна синхронна безколекторна машина без постоянни магнити, базирана на принципа на синхронен реактивен ефект (SynRM). Концепцията е успешно валидирана чрез изграден мултифизичен виртуален прототип.
- ii. ***създаване на нови класификации, конструкции или технологии:***
 - Създаването на ВП на сложна мултифизична система за непрекъсваемо хранене с кинетичен акумулатор на енергия – маховик чрез валидация с физически наличен обект за изследване на системата по метода „Бяла кутия/Черна кутия“.
 - Създаването на ВП на сложна мултифизична система - хибридна радиална електрическа машина с вградени постоянни магнити в ротора за поддържане възбуждането на статорните намотки и бързо превключване (под 20 ms) между генераторен и двигателен режим. Чрез ФП на машината е доказана адекватността на ВП.
 - Създаването на ВП и разработването на иновативна авторска конструкция на аксиална индукционна електрическа машина, позволяваща производството на различни типоразмери от машината без наличието на щанцови пакети за всеки от типоразмерите.
- iii. ***получаване и доказване на нови факти, и потвърдителни факти:***
 - Практическото доказване, че предложеният каскаден подход осигурява възможност за бързо осъществяване на сложни мултифизични модели, които са с недостатъчно познато поведение.
 - Прилагането на принципа на „Бяла кутия/Черна кутия“ многократно в итеративна свързаност, за постигане на фина калибриране на виртуален прототип.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд

От докторанта са посочени 2 доклада на международни конференции, които са индексирани в SCOPUS и 2 публикации в български периодични списания. Представен е един полезен модел 4045 UI 15.06.2021, свързан с изследването. В една от публикациите Благовест Златев е I-ви съавтор, а в останалите е на 2-ро или 3-то място в колектива. Публикациите представят основни резултати и приноси на дисертацията, и са отпечатани в съответни издания, което позволява достъпност и цитирането им от други автори.

6. Мнения, препоръки и бележки.

- i. Подходът в дисертационния труд е развит хронологично - от проектиран виртуален прототип/ВП (аналог/тестван като „Бяла кутия“) се конструира и изработва физически прототип/ФП (аналог/тестван като „Черна кутия“), с итеративна свързаност между тях се постига фина калибриране на ВП, и оттам през „изчистен“ ФП и чрез използване на платформата IoT като комуникационна среда между реалния обект и близка, се изгражда ДБ. На места в дисертацията този хронологичен ред не е ясно представен.

Например в Гл. 2 „...прилагане на метода „Черна и Бяла кутии“ - би следвало със заглавието и в текста да се поясни, че методът “Black box/White box hybrid method” се прилага хронологично в обратен ред, както това е направено в Изводи към Гл.2.

- ii. Допуснати са на някои места печатни грешки и неуместни/недовършени изрази, например „... количеството ток или напрежение, приложено в тях“, вместо големина на тока или приложеното напрежение“ (стр.66); в Увода: “...електрически генератори за вятърни турбини“ вместо „електрически генератори, предназначени за куплиране с вятърни турбини“; в заглавието на т.2.5 и др. А заглавието на фиг.3.11 би било по-прецизно като „2D модел на половин асинхронна ел. машина...“ вместо „2D половин модел на асинхронна ел. машина...“.

Приемам дисертацията като завършен продукт на ОНС „Доктор“, в който докторантът постига значими научноприложни резултати. Същевременно се разбира, че Благовест Златев може и е препоръчително да продължи да работи в това направление, вкл. като направи анализ на влияещите вътрешни за даден обект и външни фактори, дефиниране на неопределеностите и тяхното управление, за постигане по-ефективно прилагане на каскадния подход, в полза на достоверността и приложимостта на ВП-и и ДБ-и в сложни машиностроителни обекти и системи.

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

Представеният дисертационен труд заслужава **положителна оценка** от най-висок ранг, предвид показаните резултати и приноси, и възможностите на докторанта за изследвания, анализ и дефиниране на приложим в практиката подход за изграждане на дигитален близък чрез виртуален прототип.

Спазени са изискванията за ОНС „Доктор“ и предлагам тя да бъде присъдена на **инж. Благовест Николов Златев**.

София, 03.05.2022 г.

ЧЛЕН НА НАУЧНОТО ЖУРИ:

/проф. д-р инж. Иван Иванов/

STANDPOINT

on dissertation for obtaining an educational and scientific degree "**Doctor**"

in Scientific specialty: «**Automation of engineering work and automated design systems** »

in Professional field: 5.1 "Mechanical Engineering"

Author of the dissertation: **Mag. Eng. Blagovest Nikolov Zlatev**,
PhD student in the Department „Technology of Machine Tools and Manufacturing“
Faculty of Industrial Technology (FIT) of TU-Sofia

Topic of the dissertation: "**Modelling and research of the building' process of a digital twin through a virtual prototype**"

The standpoint was prepared by **Prof. Dr. Eng. Ivan Vassilev Ivanov**, a member of the scientific jury determined by order № OZ 5.1-17 / 15.03.2022 of the Rector of TU-Sofia.

1. Topicality of the problem developed in the dissertation in scientific and applied relation. Degree and levels of topicality of the specific tasks developed in the dissertation.

The dissertation deals with a topical and important problem in scientific and applied terms, on the one hand on the need for accelerated innovative development of current mechanical engineering, and on the other hand on the application of virtual prototyping technologies for complex multiphysical systems. Determining the topicality of the work is also the need for an innovative approach and instruments / intelligent assessment tools at the design stage of complex multiphysical systems in the field of machine building. The specific tasks set and solved in the dissertation are topical.

The modern understanding of modelling and developing a virtual prototype (VP) as a complex process for selecting and implementing intelligent innovative solutions corresponds to the cascade approach presented in the dissertation, which allows effective accelerated process in developing a real complex multiphysical system and increasing reliability of building its digital twin (DT) on the basis of VP.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the information sources

The PhD student Blagovest Zlatev presents an overview of the state of the problem on the basis of 93 information sources, of which 6% are publications in Bulgarian, 86% are publications in English and 8% are Internet addresses.

Reasonable conclusions have been drawn from the review with an emphasis on the development and capabilities of virtual prototypes. It is argued that the prerequisite "high level of reliability of the VP of a given physical site" is necessary in order to upgrade the VP to DT.

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

The methodical approach of the PhD student is expedient and effective - it starts with research and analysis of the problem on information from the literature - from the definitions of the concepts VP, DT, etc., the means for their creation and their applicability in practice. Develops a methodology for modelling, building and researching a multiphysical virtual prototype and increasing precision. Synthesizes and applies a cascade approach with an iterative connection between VP and physical prototype (FP), builds and verifies DT and approves the methodology for creating innovative electrical machines.

Blagovest Zlatev defines very well the purpose of the dissertation and five main tasks for its achievement.

4. Scientific and / or scientific-applied contributions of the dissertation

According to the generally accepted criteria for dissertation contributions, presented below in the approved groups, in the case of formulated proposals of the PhD student, the following scientific-applied contributions can be recognized:

i. creation and application of new research methods:

- The synthesis and testing of an innovative cascading approach to create a virtual prototype with a high degree of adequacy of a real object, design and construction of a physical prototype (FP), fine calibration of VP through its iterative connection with FP, and in the communication environment of the Internet of Things platform (IoT) - building a digital twin (DT). The three-step approach convincingly shows high levels of reliability and accuracy in building digital twins.
- The proposed innovative concept of a highly efficient synchronous collectorless machine without permanent magnets, based on the principle of synchronous reactive effect (SynRM). The concept has been successfully validated through a built multiphysical virtual prototype.

ii. Creation of new classifications, constructions or technologies:

- The creation of the VP of a complex multiphysical system for uninterruptible power supply with kinetic energy storage - flywheel through validation with a physically available object for testing the system by the method "White Box / Black Box".
- The creation of VP of a complex multiphysical system - a hybrid radial electric machine with built-in permanent magnets in the rotor to maintain the excitation of the stator windings and fast switching (less than 20 ms) between generator and motor mode. The adequacy of the VP is proven by the FP of the machine.
- The creation of VP and the development of an innovative author's design of an axial induction electric machine, allowing the production of different sizes of the machine without the presence of punch packages for each of the sizes.

iii. Obtaining and proving new facts and confirmatory facts:

- The practical proof that the proposed cascade approach provides an opportunity to quickly implement complex multiphysical models that are with insufficiently known behaviour.
- The application of the principle of "White Box / Black Box" repeatedly in iterative connection, to achieve fine calibration of a virtual prototype.

5. Evaluation of the publications on the dissertation

The PhD student has cited 2 papers at international conferences, which are indexed in SCOPUS and 2 publications in Bulgarian periodicals. A useful model 4045 UI 15.06.2021 related to the research is presented. In one of the publications Blagovest Zlatev is the first co-author, and in the others he is on the 2nd or 3rd place in the team.

The publications present the main results and contributions of the dissertation, and are printed in relevant issues, which allows their accessibility and citation by other authors.

6. Opinion, recommendations and notes

- i. The approach in the dissertation is developed chronologically - from the design of a virtual prototype/VP (analog/tested as a "White Box") is constructed and developed a physical prototype/FP (analog/tested as a "Black Box"), with an iterative relationship between them fine calibration of the VP is achieved, and from there, through a "cleaned" FP and by using the IoT platform as a communication environment between the real object and the twin, DT is built. In some places in the dissertation this chronological order is not clearly presented. For example, in Chapter 2... the application of the "Black and White boxes" method - the title and the text should clarify that the "Black box/White box hybrid method" is applied chronologically in reverse order, as it is done in Conclusions to Chapter 2.

- ii. Typographical errors and inappropriate / incomplete expressions have been made in some places, such as ".. the amount of current or voltage applied to them" instead of "the magnitude of current or voltage applied" (p. 66); in the Introduction: "... electric generators for wind turbines " instead of "electric generators designed for coupling with wind turbines"; in the title of item 2.5, etc. And the title of Fig. 3.11 would be more precise as "2D model of half part of asynchronous electric machine" instead of "2D half part of the model of asynchronous electric machine,, ".

I accept the dissertation as a completed product of the educational and scientific degree "Doctor", in which the PhD student achieves significant scientific and applied results. At the same time, it is understood that Blagovest Zlatev can and is recommended to continue working in this field, incl. for analysing the impact of internal and external factors, defining uncertainties and their management, to perform the effectiveness of the cascade approach, in favor of the authenticity and application of VP and DT in complex mechanical sites and systems.

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

The presented dissertation deserves a **positive evaluation** of the highest rank, taking into account the showed results and contributions, and the opportunities of the PhD student for research, analysis and definition of an applicable in practice approach to building a digital twin through a virtual prototype.

The requirements for the educational and scientific degree "**Doctor**" have been met and I propose that it be awarded to **Eng. Blagovest Nikolov Zlatev**.

Sofia, May 3, 2022

MEMBER OF THE SCIENTIFIC JURY:

/ Prof. Dr. Eng. Ivan Ivanov /