



СТАНОВИЩЕ

върху дисертационен труд за придобиване на научна степен „доктор на науките“
професионално направление 5.3 „Комуникационна и компютърна техника“
научна специалност „Системи с изкуствен интелект“

Автор на дисертационния труд: доц. д-р инж. Николай Любославов Хинов
Тема на дисертационния труд: „Моделно базирано проектиране на силови електронни устройства“

Член на научното жури: проф. д-р инж. Атанас Велков Атанасов, ХТМУ-София

1. Актуалност на дисертационния труд

Силовата електроника и по-специално преобразувателите на електрическа енергия са сред най-бързо развиващите се области на електрониката. С нарастващата роля на зелените технологии и изискванията за кръгова икономика, е от съществено значение електрическата енергия да бъде многократно преобразувана и съхранявана чрез електронни средства. Това прави силовата електроника ключов инструмент за екологично устойчивото развитие на обществото.

Изследванията, свързани с подобряването на характеристиките и качествата на силовите електронни преобразуватели (СЕР) и силовите електронни устройства (СЕРУ), са предмет на интерес за многобройни научни екипи у нас и в чужбина, както е видно от големия брой публикации, конференции, научни форуми, книги, дисертации, монографии и патенти. Значимостта на тези изследвания е безспорна, тъй като дори лекото подобряване на ефективността на енергопреобразуването може да доведе до икономии на електроенергия, които значително надвишават производството на електроенергия в малки държави като България.

Настоящата дисертация е свързана с моделно базираното проектиране на СЕРУ, което изисква освен дълбоки познания в областта на електротехниката и електрониката, така и опит в математичното моделиране, техниките на изкуствения интелект и боравенето с разнообразни софтуерни среди и платформи.

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

Докторантът доц. д-р инж. Н. Хинов демонстрира задълбочено познаване на проблемите в областта на дизайна, разработката, експлоатацията и поддръжката (жизнения цикъл) на СЕРУ. В дисертацията са разгледани 359 литературни източника, като основната част от тях (350) са на английски. Направен е критичен анализ на съществуващите до момента решения в областта на жизнения цикъл на СЕРУ, като са отчетени най-новите тенденции за използване на изкуствения интелект (машинно обучение, евристики, експертни системи, размита логика и др.) в областта. Въз основа на това, правилно са формулирани целта на дисертационния труд и задачите за нейното постигане. Позицията на авторът и творческият му принос са изразени ясно в дисертационния труд и представените публикации.

3. Съответствие на предложената методика на изследване и поставените цел и задачи на дисертационния труд

Целта на дисертационния труд е на основата на най-актуалните средства на приложната математика, компютърното моделиране, техники на изкуствения интелект и информационни и комуникационни технологии, да се предложи нов моделно-базиран

подход за оптимално проектиране на силови електронни устройства, ориентиран към техния жизнен цикъл, при отчитане на спецификата за различните приложения.

От така дефинираната цел произтичат и основните задачи на дисертационния труд, които са ясно формулирани и обосновани. Те са свързани с унифицирано представяне на електромагнитните процеси в последователна RLC верига, и свързаните с тях работни режими; Формулиране на единен подход за анализ на резонансни преобразуватели от постоянно в постоянно напрежение базиран на квазиграничния метод; Създаване и валидиране на рационални методики за проектиране на различни видове СЕУ с възможност за алгоритмизация и имплементация в среди за моделиране и симулация като Matlab и LTSpice; Прилагане на моделно-базирана оптимизация за проектиране на различни видове СЕУ; Изследване на възможностите за използване на невронни мрежи за проектиране на различни видове СЕУ; Автоматизирано провеждане на толерансен анализ спрямо пасивните схемни елементи за гарантиране на показателите на СЕУ; Представяне на нов моделно базиран подход за проектиране на СЕУ, ориентиран към техния жизнен цикъл; Обобщаване на новостите и тенденциите в развитието на силовата електроника на основата на IoT, науката за данни, техниките на изкуствения интелект за разработване и прилагане на ново поколение силови електронни устройства, работещи съвместно в Интернет на енергията.

Считам, че използваните в дисертацията методи, подходи и средства за анализ са адекватни на поставената цел и задачи.

4. Научни, научно-приложни и приложни приноси на дисертационния труд

Приемам всички заявени от доц. Н. Хинов приноси, които той е формулирал като:

Научни:

1. Формулиран е нов подход за схемотехнично проектиране на СЕУ, наречен моделно-базирано проектиране, фокусиран върху използването на различни по сложност модели, с които се описва не само устройството и неговите функции, но също така се включва информация за всеки аспект на жизнения му цикъл (от заданието до поддръжката и рециклирането му).

2. Подходът е приложен върху устройства, за които има изведени аналитични зависимости за проектиране, както и при такива, при които такива липсват такива. Валидиран е метод за оптимизация на СЕУ, базиран на прилагане на референтна крива, относно изходното напрежение/ток.

3. Дефиниран е унифициран подход за анализ на цял базов клас СЕУ – инвертори с и без обратни диоди, работещи в режим на твърда и мека комутация на силовите полупроводникови прибори, в резонансен и апериодичен режим, базиран на общо описание на електромагнитните процеси в еквивалентна последователна RLC верига.

4. Предложен е квазиграничнен метод за анализ на цял базов клас СЕУ – резонансни преобразуватели от постоянно в постоянно напрежение с два типа изходи: източник на напрежение и източник на ток.

Научно-приложни:

1. Формулиран, реализиран и проверен е хибриден метод за проектиране на СЕУ, основан на съвместното използване на аналитични зависимости, данни натрупани от предишен опит при проектиране и моделно-базирана оптимизация по референтна крива.

2. Предложен, дефиниран и имплементиран в подходяща софтуерна среда е иновативен метод за проектиране на различни видове силови електронни устройства, базиран на техники на изкуствения интелект (невронни мрежи).

3. Създаден, реализиран и апробиран в релевантна среда е метод за гарантиране на показателите на различни видове силови електронни устройства чрез използване на толерансен анализ и моделно-базирана оптимизация, по референтна крива, като са

постигнати желан тип на преходен процес на пуск и значително намаляване на влиянието на толерансите на пасивните елементи върху работния режим на изследваните устройства.

Приложни

1. Създадена и проверена е унифицирана рационална методика за проектиране на резонансни инвертори с различни приложения, като така определените стойности на схемните елементи служат за начални стойности на итерационните процедури на моделно-базираната оптимизация, по референтна крива.

2. Разработена и апробирана е нова рационална методика за проектиране на резонансни преобразуватели от постоянно в постоянно напрежение с два типа изходи: източник на напрежение и източник на ток, като така определените стойности на схемните елементи служат за начални стойности на итерационните процедури на моделно-базираната оптимизация, по референтна крива.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд

По темата на дисертационния си труд за придобиването на научната степен „доктор на науките“ доц. Н. Хинов е представил 14 публикации като всички са реферирани в реномирани научни списания и конференции с IF/SJR фактор и са индексирани в Scopus. В три от тях доц. Хинов е единствен автор. В девет е първи съавтор и в две е втори и трети съавтор.

Считам, че публикациите на дисертанта трикратно надвишават изискуемия минимум, заложен в Правилника за условията и реда за придобиване на научната степен "Доктор на науките" на ТУ-София.

6. Мнения, препоръки и бележки

Смятам, че докторантът има много голям научен потенциал за развитие и провеждане на самостоятелни изследвания в областта на електрониката и електротехниката, което личи и от множеството му други научни публикации в Scopus, които са извън обхвата на включените в настоящия дисертационен труд. В настоящия си труд доц. Н. Хинов демонстрира перфектно владение на методите и техниките на изкуствения интелект, прилагани при разработката и експлоатацията на силови електронни устройства и системи. Препоръчвам му да положи усилия за разпространението на резултатите от дисертационния си труд при обучението на студентите и докторантите от ТУ-София.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценката ми относно съдържанието на дисертационния труд и приносите на доц. д-р инж. **Николай Хинов е положителна**. Дисертантът е извършил значителна по обем и съдържание изследователска работа. Дисертационният труд отговаря напълно на изискванията на Закона за развитие на академичния състав на Република България, на Правилника за неговото приложение и на Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в Техническия Университет – София.

Гореизложеното ми дава основание да препоръчам на Уважаемото Научно жури да **присъди на доц. д-р инж. Николай Любославов Хинов научната степен „доктор на науките“** по професионално направление 5.3 Комуникационна и компютърна техника, научна специалност „Системи с изкуствен интелект“.

София, 21. 08. 2024 г.

Член на журито:

/проф. д-р инж. А. Атанасов/

OPINION

**on a dissertation work for obtaining a scientific degree "Doctor of Sciences"
professional direction 5.3 "Communication and computer technology"
scientific specialty "Artificial Intelligence Systems"**

Author of the dissertation: Assoc. Prof., Ph.D., Eng. Nikolay Lyuboslavov Hinov

Dissertation title: "Model-based design of power electronic devices"

Member of the scientific jury: Prof. Dr. Eng. Atanas Velkov Atanasov, UCTM-Sofia

1. Actuality of the dissertation

Power electronics, and in particular electrical energy converters, are among the fastest growing areas of electronics. With the growing role of green technologies and the demands of a circular economy, it is essential that electrical energy be repeatedly converted and stored by electronic means. This makes power electronics a key tool for the environmentally sustainable development of society.

Research related to the improvement of the characteristics and qualities of power electronic converters (PECs) and power electronic devices (PEDs) is the subject of interest for numerous scientific teams at home and abroad, as evidenced by the large number of publications, conferences, scientific forums, books, dissertations, monographs and patents. The significance of these studies is undeniable, as even a slight improvement in the efficiency of energy conversion can lead to electricity savings that significantly exceed electricity production in small countries like Bulgaria.

The present dissertation is related to the model-based design of power electronic devices, which requires in addition to deep knowledge in the field of electrical engineering and electronics, as well as experience in mathematical modeling, artificial intelligence techniques and handling various software environments and platforms.

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

Assoc Prof. Dr. Eng. N. Hinov demonstrates in-depth knowledge of the problems in the field of design, development, operation and maintenance (life cycle) of PED. The dissertation examines 359 literary sources, the main part of which (350) are in English. A critical analysis of the existing solutions in the field of the PED life cycle has been made, taking into account the latest trends in the use of artificial intelligence (machine learning, heuristics, expert systems, fuzzy logic, etc.) in the field. Based on this, the goal of the dissertation work and the tasks for its achievement are correctly formulated. The position of the author and his creative contribution are clearly expressed in the dissertation work and the presented publications.

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

The aim of the dissertation is to propose a new model-based approach for the optimal design of power electronic devices, oriented towards their life cycle, based on the most current tools of applied mathematics, computer modeling, artificial intelligence techniques and information and communication technologies, taking into account the specifics of different applications.

The main tasks of the dissertation, which are clearly formulated and substantiated, derive from the objective defined in this way. They are related to a unified representation of the electromagnetic

processes in a series RLC circuit, and the associated operating modes; Formulation of a unified approach for the analysis of resonant converters from constant to constant voltage based on the quasi-boundary method; Creation and validation of rational methodologies for the design of various types of PED with the possibility of algorithmization and implementation in modeling and simulation environments such as Matlab and LTSpice; Application of model-based optimization for designing different types of PED; Researching the possibilities of using neural networks for designing different types of PED; Automated tolerance analysis for passive circuit elements to guarantee SEU indicators; Presentation of a new model-based approach to the design of PEDs, oriented towards their life cycle; Summarizing the novelties and trends in the development of power electronics based on IoT, data science, artificial intelligence techniques to develop and implement a new generation of power electronic devices working together in the Internet of Energy.

I believe that the methods, approaches and means of analysis used in the dissertation are adequate to the set goal and tasks.

4. Scientific and/or applied science contributions of the dissertation.

I accept all the contributions stated by Assoc. Prof. N. Hinov, which he formulated as:

The scientific contributions:

1. A new approach to PED schematic design, called model-based design, is formulated, focusing on the use of models of varying complexity, which not only describe the device and its functions, but also include information about every aspect of its life cycle (from the job to its maintenance and recycling).

2. The approach has been applied to devices for which analytical design dependencies have been derived, as well as those for which such are missing. A PED optimization method based on the application of a reference curve regarding the output voltage/current has been validated.

3. A unified approach is defined for the analysis of an entire basic class of PEDs - inverters with and without reverse diodes operating in hard and soft switching mode of power semiconductor devices, in resonant and aperiodic mode, based on a general description of electromagnetic processes in equivalent series RLC circuit.

4. A quasi-boundary method is proposed for the analysis of an entire basic class of PEDs - resonant converters from constant to constant voltage with two types of outputs: a voltage source and a current source.

The scientific and applied:

1. A hybrid PED design method based on the joint use of analytical dependencies, data accumulated from previous design experience and model-based reference curve optimization is formulated, implemented and verified.

2. Proposed, defined and implemented in a suitable software environment is an innovative method for designing various types of power electronic devices, based on artificial intelligence techniques (neural networks).

3. Created, implemented and tested in a relevant environment is a method for guaranteeing the performance of various types of power electronic devices by using tolerance analysis and model-based optimization, on a reference curve, achieving a desired type of startup transient and a significant reduction of the influence of the tolerances of the passive elements on the operating mode of the investigated devices.

Applied:

1. A unified rational methodology for the design of resonant inverters with various applications has been created and verified, and the thus determined values of the circuit elements serve as initial values of the iteration procedures of the model-based optimization, along a reference curve.

2. A new rational methodology was developed and tested for the design of resonant converters from constant to constant voltage with two types of outputs: a voltage source and a current source, and the thus determined values of the circuit elements serve as initial values of the iteration procedures of the model-based optimization, on a reference curve.

5. Evaluation of the publications on the dissertation

On the topic of his dissertation work for the acquisition of the scientific degree "Doctor of Sciences", Assoc. Prof. N. Hinov has presented 14 publications, all of which are referenced in reputable scientific journals and conferences with the IF/SJR factor and are indexed in Scopus. In three of them, Assoc.Prof. Hinov is the sole author. In nine he is the first co-author and in two he is the second and third co-author.

I believe that the dissertation candidate's publications exceed three times the required minimum set in the Regulations for the conditions and procedures for obtaining the scientific degree "Doctor of Sciences" of TU-Sofia.

6. Notes, opinions and recommendations

I believe that the doctoral student has a very high scientific potential for developing and conducting independent research in the field of electronics and electrical engineering, which is also evident from his numerous other scientific publications in Scopus, which are beyond the scope of those included in this dissertation.

In his present work, Associate Professor N. Hinov demonstrates a perfect mastery of the methods and techniques of artificial intelligence, applied in the development and operation of power electronic devices and systems. I recommend him to make efforts to disseminate the results of his dissertation work in the education of the students and doctoral students of TU-Sofia.

CONCLUSION

My assessment of the content of the dissertation and the contributions of **Assoc. Prof. Dr. Eng. Nikolay Hinov is positive**. Dr. Hinov has carried out significant research work in terms of volume and content. The dissertation fully meets the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff of the Republic of Bulgaria, the Regulations for its Application and the Regulations for the Conditions and Procedures for Acquiring Scientific Degrees at the Technical University - Sofia.

The above gives me reason to recommend to the Honorable Scientific Jury to award the scientific degree "**Doctor of Sciences**" to **Assoc. Prof. Dr. Eng. Nikolay Lyuboslavov Hinov** in professional direction 5.3 Communication and computer technology, scientific specialty "Artificial Intelligence Systems".

Sofia, 29.08.2024

Jury member:

/Prof. Dr. Eng. Atanas Atanassov/