



РЕЧЕНИЯ

върху дисертационен труд за даване на научна степен ДОКТОР

Автор на дисертационния труд: **Димитър Николаев Цветанов**

Тема на дисертационния труд:

КАЧЕСТВО НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯТА В АВТОНОМНИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНИ СИСТЕМИ:

МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА НЕГОВОТО ПОДОБРЕНИЕ

Изготвил становището **Юлиян Василев Москов, професор, доктор, във
Висшето военноморско училище Н.Й. Вапцаров**

Заповед №ПС-15 от 30.01.2023 г. на Началника на ВВМУ

„Никола Й. Вапцаров“, флотилен адмирал проф. д.в.н. **Боян Медников**

1. Биографични данни

Димитър Цветанов завърши Професионална гимназия по електротехника гр. Варна, специалност Електрообзавеждане на промишлени предприятия. Завърши Технически университет, Варна, специалност Електроснабдяване и електрообзавеждане, бакалавър и Електроснабдяване и електрообзавеждане на кораба, магистър. През 2019 г. е зачислен в задочна докторантura във Висше военноморско училище Н.Й. Вапцаров, Варна, докторска програма Електроснабдяване и електрообзавеждане (на кораба). Със Заповед №ПС-15 от 30.01.2023 г. на Началника на ВВМУ е отчислен от докторантura с право на защита.

Като студент работи като електротехник в Курортно строителство ООД, Варна, ЛАГАРД ООД, Варна, като стажант „Управление на възобновяеми източници“ в ЕОН България ЕАД, Варна.

Като инженер работи последователно като специалист проекти и строителство в ЕНЕРГО-ПРО Мрежи АД, Варна, електроинженер в КОАТТЕХ ООД, Варна, а от 2015 г. като корабен електромеханик в STAMCO Manning Agency Co. Ltd.

2. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем

Корабните електроенергийни системи (KEEC) имат особености които ги отличават от бреговите електроенергийни системи, които определят по-голямата сложност и трудност за управление и експлоатация. Използването на гребни електрически уредби, създаването на единни корабни електрически системи, използването на разпределителни мрежи на постоянен ток поставят за решаване сложни задачи с осигуряването на устойчива работа на KEEC и на качествена електроенергия за корабните консуматори.

Тези особености определят основните характеристики и особености на KEEC. Те определят и проблемите при тяхното изучаване, проектиране, управление и защита. Свързването на елементи, устройства, уредби и системи на променлив и постоянен ток се осъществява с помощта на силови електронни преобразуватели с различна топология и различно управление. Тези преобразуватели представляват нелинейни устройства, които в най-голяма степен смущават работата на консуматорите.

Така нареченото хармонично замърсяване на захранващото напрежение в АЕЕС представлява основен фактор на влошаване качеството на електрическата енергия. Средствата за подобрение качеството на електроенергия са едни от ключовите технологии за подобрение на качеството на работа на електрообзавеждането. Основните средства за подобрение качеството на електроенергията са филтрите и системните средства.

Изучаването на процесите в КЕЕС с нелинейни товари, изучаването качеството на електрическата енергия и методите и средствата за неговото подобрение представляват актуални области за изследване.

3. Познава ли дисертантът състоянието на проблема и оценява ли творчески литературния материал

Използваната в дисертационния труд литература се състои от 283 източника, от които 40 на кирилица, а останалите на латиница. Списъкът на използваната литература включва основните монографии, дисертации и статии, разработващи и изследващи въпросите, изследвани в дисертацията. Тази литература обхваща въпросите на корабната електротехника, на корабните електроенергийни системи, на използваните силови електронни преобразователи, на използваните методи и средства за подобряване на качеството на електроенергията, на използваните методи за тяхното автоматично управление.

Цитирането на използваната литература показва, че докторантът е запознат с постигнатото в изследваната област. Посочените факти говорят, че Д. Цветанов познава състоянието на проблема и творчески оценява литературния материал.

4. Избраната методика на изследване може ли да даде отговор на поставената цел и задачи на дисертационния труд

В дисертационния труд са използвани различни методи, средства и методики за постигането на поставената цел и за решаване на свързаните с това задачи. Основно се използват два метода за изследване: чрез симулация на процесите в корабните електроенергийни системи с помощта на математическо моделиране и чрез експерименти с помощта на физически макети.

При математическото моделиране се използват съвременни методи, позволяващи да се изследват процеси в системи, имащи различен тип характеристики и да се изследват процеси, имащи непрекъснат и дискретен характер. Моделите са получени във вид удобен за тяхното числено изследване.

Направен е обзор на методите за изследване на качеството на електроенергията със задълбочен анализ на свойствата и използването им, като той е развит в едно от приложенията.

Изследвано е използването на индивидуални средства за подобряване на качеството на електрическата енергия с помощта на активни филтри, като е изследвано използването на паралелни филтри с различен тип управление.

Интерес представлява използването на паралелно системно средство СТАТКОМ за подобряване на качеството на електроенергия в КЕЕС със сложна разп-

ределителна мрежа.

Симулационните средства за изследване са подкрепени и от изследвания с помощта на физически макети. Изследвани са КЕЕС, съдържащи управляеми изправители и честотни преобразователи, представляващи нелинейни товари. Получените с помощта на тези изследвания резултати доказват адекватността на използваните математически модели за изследване на качеството на електроенергия.

Всички използвани методи съответстват и са адекватни на решаваните в дисертацията задачи и получените резултати са достоверни, за което говори и това, че те са публикувани в известни научни форуми, някои от които вече са цитирани (10 цитата), публикациите на които се рецензират и са включени в световните научни бази данни Scopus и Web of Science.

5. В какво се заключават научните или научно-приложните приноси на дисертационния труд

Научната новост на дисертацията се състои в доказване с нови средства на нови страни на вече съществуващи научни области и проблеми, както и създаване на нови схеми и средства.

Основни научни приноси са свързани със създаването на нови математически модели на изследваните корабни електроенергийни системи, имащи различни схеми на разпределителната мрежа, различен брой елементи (генератор, преобразовател, променливотоков и постояннотоков товар, активни филтри, статични синхронни компенсатори), КЕЕС с разпределителна мрежа на постоянен ток, позволяващи изследването на различни режими на работа при различни видове смущаващи въздействия, с помощта на които могат да се изследват качеството на електроенергията и неговото подобряване.

Научни приноси са и изследването на качеството на електроенергията в автономни електроенергийни системи и неговото подобряване с индивидуални средства (активни филтри) и групови средства (статични синхронни компенсатори).

Основните приложни приноси са свързани с изследването на качеството на електроенергията с помощта на физически макети, при което са използвани адекватни методи и технически и програмни средства.

Научните и приложни приноси на дисертационния труд са значими за науката и практиката.

6. Кратка аналитична характеристика и оценка на достоверността на материала, върху които се градят приносите на дисертационния труд

В първа глава *Качеството на електрическата енергия*, са разгледани: определенията, причините за влошаване, показателите, изискванията, методите и средствата за подобреие качеството на електроенергията. Във втора глава *Методи и средства за изследване и управление на качеството на електроенергията* са разгледани средствата за подобреие качеството на електроенергията: техните видове, схеми, параметри и характеристики, подобрението на качествените показатели на електроенергията чрез математическо моделиране, като са разработени математическите модели, разработени

и са изследвани различни методи за управлението им. В трета глава *Подобрение качеството на електроенергията в автономни електроенергийни системи* са изследвани различните методи за подобрение на различни показатели на качеството на електроенергията. В четвъртата глава *Изследване качеството на електроенергията на физически макет на автономна електрическа система* са извършени експериментални изследвания на качеството на електроенергията с помощта на реални електротехнически модели.

Дисертацията завършва със заключение, основни резултати и приноси на дисертацията, списък на публикациите по дисертацията и списък на използваната литература. Дисертацията има 2 приложения: А. Методи за оценка на хармоничните изкривявания, Б. Активни филтри, в които са включени допълнителна информация, данни и резултати.

7. Резултатите от дисертационния труд използвани ли са вече в научната и социалната практика? Има ли постигнат пряк икономически ефект и прочее?

Създадените математически модели на корабни електроенергийни системи се използват в учебния процес по дисциплината Корабни електроенергийни системи и при разработката на дипломни работи. Физическите макети се използват за лабораторни упражнения на студентите от специалност Електрообзавеждане на кораба.

8. Мотивирани препоръки за бъдещо използване на научните и научно-приложните приноси: какво и къде да се внедри?

Предложените математически модели на изследваните електроенергийни системи са универсални по отношение на структура на разпределителната мрежа, състава на елементите и възможността за изследване на различни нормални и аварийни режими на работа. Тези модели могат да бъдат развити за изследване на нови типове автономни електроенергийни системи, не само корабни (самолетни, автономно работещи възобновяеми енергийни източници, офоршорни платформи и паркове, електромобили). Освен това моделите могат да бъдат развити и за големи електроенергийни системи, с помощта на които може да бъде изследвано качеството на електроенергията в микромрежи, съдържащи възобновяеми енергийни източници (ветрови и слънчеви електроцентрали).

Друго направление за развитие на резултатите от дисертацията може да стане използването на други средства за подобряване качеството на електроенергията – последователни и хибридни активни филтри. Особено перспективно е изследването на използването на различен тип преобразователи и на различен тип управление на активните филтри.

Може да се използват и други системни средства за подобряване качеството на електроенергията в КЕЕС – последователни, смесени (паралелно-последователни). Тези групови средства представляват перспективно направление за развитие на резултатите от дисертацията.

9. Лични впечатления

Бях член на разширения катедрен съвет на катедра Електротехника, на който се разглеждаше дисертацията на Д. Цветанов. Направи ми много добро впечатление съдържанието на дисертацията, получените резултати и най-вече много доброто й представяне от дисертанта. Направих изказване, в което подчертах, че представената дисертация има качества на дисертация за доктор на науките.

10. Автореферат и авторска справка за получените резултати

Авторефератът е с обем от 40 стр. и отразява основното съдържание на дисертацията. Илюстриран е с достатъчен брой фигури и таблици, представящи най-важните резултати от изследванията.

11. Други въпроси, по които рецензентът счита, че следва да вземе отношение

Следва да се отбележи, че статия по дисертационния труд има 8 публикации, от които 5 са на конференции на Institute of Electrical and Electronics Engineers IEEE, които са рефериирани в базите данни Scopus и Web of Science и една статия в списание Journal of Circuits, Systems and Signal Processing (Scopus и Web of Science) и две статии в списание Промышленная энергетика, Москва.

12. Заключение с ясно становище да се даде или не научна степен

Представеният дисертационен труд представлява завършен научен труд, основните части от който са публикувани. Използваните научни методи за изследване са адекватни и получените научни резултати са достоверни. Дисертацията съдържа научни и приложни приноси, необходими за придобиване на научни степени. Обобщавайки, може да се направи извод, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за прилагането на Закона за развитието на академичния състав в Република България и Закона за висшето образование, поради което препоръчвам на научното жури да присъди образователната и научна степен ДОКТОР на Димитър Николаев Цветанов в област на висшето образование: Технически науки, професионално направление: Транспорт, корабоплаване и авиация, докторантска програма: Електроснабдяване и електрообзавеждане по отрасли (на кораба).

24.02.2023

Изработил:

Заличена
информация съгл.
ЗЗЛД и Регл. (ЕС)
2016/679



REVIEW

on a dissertation work for the acquisition of an educational and scientific degree
"Doctor"

Author of the dissertation: **DIMITAR NIKOLAEV TSVETANOV**

Dissertation topic:

POWER QUALITY IN AUTONOMOUS POWER SYSTEMS: METHODS AND MEANS FOR ITS IMPROVEMENT

Reviewer : **PROFESSOR, DR. ENG., YULIAN VASILEV MOSKOV**

Naval Academy "Nikola Yonkov Vaptsarov" Varna

according to Order No. ПС-15/30.01.2023. of the Head of Naval Academy "Nikola Yonkov Vaptsarov" Varna, fleet admiral prof. Boyan Mednikarov

1. Biographical information

Dimitar Tsvetanov graduated from the Professional High School of Electrical Engineering in the city of Varna, majoring in Electrical Equipment of Industry. He graduated from the Technical University, Varna, majoring in Electrical Supply and Electrical Equipment, Bachelor and Electrical Supply and Electrical Equipment of the Ship, Master. In 2019, he was enrolled in doctoral studies at the N.Y. Naval Academy. Vaptsarov, Varna, doctoral program Power supply and electrical equipment (on the ship). By Order No. ПС-15 of 30.01.2023 of the Head of Naval Academy "Nikola Yonkov Vaptsarov" Varna, he was dismissed from the doctoral program with the right to defense.

As a student, he worked as an electrician at Kurortno Stroitelstvo OOD, Varna, LAGARD OOD, Varna, as an intern "Management of renewable sources" at E.ON Bulgaria EAD, Varna.

As an engineer, he worked successively as a project and construction specialist at ENERGO-PRO Networks AD, Varna, an electrical engineer at COATTECH OOD, Varna, and since 2015 as a ship ETO at STAMCO Manning Agency Co. Ltd.

2. Actuality of the problem developed in the dissertation work

Ship electrical power systems (SEPS) have features that distinguish them from shore power systems, which determine the greater complexity and difficulty of management and operation. The use of rowing electrical devices, the creation of unified ship electrical systems, the use of direct current distribution networks poses complex tasks to be solved with the provision of sustainable operation of SEPS and quality electricity for ship consumers.

These features define the main characteristics and features of the SEPS. They also define the problems in their study, design, management, and protection. The connection of elements, devices, arrangements, and systems of alternating and direct current is carried out with the help of power electronic converters with different topologies and different control. These converters are non-linear devices that disturb the work of consumers to the greatest extent.

The so-called harmonic pollution of the supply voltage in the AES is a major factor in the deterioration of the quality of electrical energy. Means for improving the quality of electricity are one of the key technologies for improving the quality of operation of electrical

equipment. The main means of improving the quality of electricity are filters and system means.

The study of the processes in SEPS with non-linear loads, the study of the quality of electrical energy and the methods and means for its improvement are current areas of research.

3. Does the dissertation student know the state of the problem and creatively evaluate the literary material?

The literature used in the dissertation consists of 283 sources, of which 40 are in Cyrillic and the rest are in Latin. The bibliography includes the main monographs, dissertations and articles developing and exploring the issues investigated in the dissertation. This literature covers the issues of ship electrical engineering, ship power systems, used power electronic converters, used methods, and means for improving the quality of electricity, used methods for their automatic control.

Citation of the used literature shows that the doctoral student is familiar with what has been achieved in the researched area. The stated facts show that D. Tsvetanov knows the state of the problem and creatively evaluates the literary material.

4. Can the chosen research methodology provide an answer to the set goal and tasks of the dissertation work?

Various methods, means and methodologies were used in the dissertation work to achieve the set goal and to solve the related tasks. Two research methods are mainly used: through simulation of the processes in the ship's electrical power systems using mathematical modeling and through experiments using physical models.

In mathematical modeling, modern methods are used, allowing to study processes in systems having different types of characteristics and to study processes having a continuous and discrete nature. The models are obtained in a form convenient for their numerical study.

An overview of the methods for researching the quality of electricity was made with a thorough analysis of their properties and use, and it was developed in one of the applications.

The use of individual means to improve the quality of electrical energy with the help of active filters has been investigated, and the use of parallel filters with different types of control has been investigated.

The use of a parallel system tool STATCOM to improve the quality of electricity in SEPS with a complex distribution network is of interest.

Simulation research tools are also supported by research using physical models. SEPS containing controllable rectifiers and frequency converters representing non-linear loads were investigated. The results obtained with the help of these studies prove the adequacy of the used mathematical models for researching the quality of electricity.

All the methods used correspond and are adequate to the tasks solved in the dissertation and the results obtained are reliable, which is also evidenced by the fact that they were published in well-known scientific forums, some of which have already been cited (10 citations), the publications of which are peer-reviewed and included in the world scientific databases Scopus and Web of Science.

5. What are the scientific or scientific-applied contributions of the dissertation?

The scientific novelty of the dissertation consists in proving with new means new aspects of already existing scientific areas and problems, as well as creating new schemes and means.

The main scientific contributions are related to the creation of new mathematical models of the studied ship power systems, having different schemes of the distribution network, different number of elements (generator, converter, alternating current and direct current load, active filters, static synchronous compensators), SEPS with distribution direct current network, allowing the study of different modes of operation under different types of disturbances, with the help of which the quality of electricity can be studied and its improvement.

Scientific contributions are also the study of the quality of electricity in autonomous power systems and its improvement with individual means (active filters) and group means (static synchronous compensators).

The main applied contributions are related to the study of the quality of electricity with the help of physical models, in which adequate methods and technical and software tools are used.

The scientific and applied contributions of the dissertation work are significant for science and practice.

6. A brief analytical description and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation work are built

In the first chapter, The quality of electrical energy, the following are considered: definitions, causes of deterioration, indicators, requirements, methods and means of improving the quality of electricity. In the second chapter, Methods and tools for research and management of the quality of electricity, the means for improving the quality of electricity are considered: their types, schemes, parameters and characteristics, the improvement of quality indicators of electricity through mathematical modeling, as the mathematical models are developed, developed us and various methods of their management have been investigated. In the third chapter, Improving the quality of electricity in autonomous power systems, the various methods for improving various indicators of the quality of electricity are investigated. In the fourth chapter, Investigation of the quality of electricity on a physical model of an autonomous electrical system, experimental investigations of the quality of electricity using real electrotechnical models have been carried out.

The dissertation ends with a conclusion, main results and contributions of the dissertation, a list of dissertation publications and a list of references. The dissertation has 2 applications: A. Methods for evaluating harmonic distortions, B. Active filters, in which additional information, data and results are included.

7. Are the results of the dissertation already used in scientific and social practice? Has there been a direct economic effect, etc.?

The created mathematical models of ship power systems are used in the educational process of the Ship Power Systems discipline and in the development of theses. The physical model is used for laboratory exercises by students majoring in Ship Electrical Equipment.

8. Reasoned recommendations for future use of scientific and scientific-applied contributions: what and where to implement?

The proposed mathematical models of the investigated power systems are universal in terms of the structure of the distribution network, the composition of the elements and the possibility of studying different normal and emergency modes of operation. These models can be developed to explore new types of autonomous power systems, not just marine (aircraft, autonomous renewable energy sources, offshore platforms and parks, electric cars). Furthermore, the models can also be developed for large power systems, with the help of which the power quality can be investigated in microgrids containing renewable energy sources (wind and solar power plants).

Another direction for the development of the results of the dissertation can be the use of other means to improve the quality of electricity - sequential and hybrid active filters. The study of the use of different types of converters and different types of control of active filters is particularly promising.

Other system means can be used to improve the quality of electricity in SEPS - series, mixed (parallel-series). These group funds represent a promising direction for the development of the results of the dissertation.

9. Personal impressions

I was a member of the extended faculty council of the Department of Electrical Engineering, where D. Tsvetanov's dissertation was considered. I was very impressed by the content of the dissertation, the results obtained and above all the very good presentation of it by the dissertation student. I made a speech in which I emphasized that the presented thesis had the qualities of a PhD thesis.

10. Abstract and author's reference for the obtained results

The abstract has a volume of 40 pages and reflects the main content of the dissertation. It is illustrated with a sufficient number of figures and tables presenting the most important research results.

11. Other matters on which the reviewer considers it necessary to take a position

It should be noted that the thesis paper has 8 publications, of which 5 are in Institute of Electrical and Electronics Engineers IEEE conferences, which are referenced in the Scopus and Web of Science databases, and one article in the Journal of Circuits, Systems and Signal Processing (Scopus and Web of Science) and two articles in the magazine Промышленная энергетика, Moscow.

12. Conclusion with a clear opinion whether or not to grant a scientific degree

The presented dissertation is a completed scientific work, the main parts of which have been published. The scientific research methods used are adequate and the scientific results obtained are credible. The dissertation contains scientific and applied contributions necessary

for obtaining scientific degrees. Summarizing, it can be concluded that the presented dissertation meets the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria, the Regulations for the Implementation of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria and the Law on Higher Education, therefore I **recommend** to the scientific jury to award the educational and scientific degree of **DOCTOR** to **DIMITAR NIKOLAEV TSVETANOV** in the field of higher education: Technical sciences, professional field: Transport, shipping and aviation, doctoral program: Power supply and electrical equipment by branch (of the ship).

24.02.2023

Reviewer:

(Prof., Dr. Eng., Y.V. MOSKOV)