

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“
в област на висше образование „Технически науки“,
професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“,
научна специалност „Електрически мрежи и системи“

Автор на дисертационния труд:

маг. инж. Костадин Богословов Виглов

Тема на дисертационния труд:

Управление на съвременни електроенергийни системи

Научен ръководител: доц. д-р инж. Рад Христов Станев

*Рецензент: доц. д-р инж. Йончо Любенов Каменов,
ТУ-Варна, катедра Електроенергетика*

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

Промените през последните години в ЕЕС на Европа и в частност на Р. България, както и стратегиите заложи в European SET Plan определят актуалността на темата на дисертационния труд. Въвеждането в експлоатация на децентрализирани източници на електроенергия, при които режимът на генерация е с относително случаен характер и в голяма степен производство им не е подчинено на Електроенергийния Системен Оператор, определя работата на електроенергийните системи и елементите им в режими близки до границите по отношение на надеждността и устойчивостта им. Това определя необходимостта от изследвания в тази посока, както и на разработване на нови технико-икономически решения за преодоляване на проблемите. В дисертационния труд обект на изследване са проблеми свързани с управление на работата на ВЕИ за подобряване на качеството на напрежението и на преходните режими в разпределителните мрежи и стратегии за интелигентно децентрализирано балансиране на мощностите в мини, микро и нано мрежи.

Дисертационният труд е с обем от 162 страници, включващи увод, 4 глави представящи решаването на формулираните основни задачи, претенции за приносите на дисертационния труд, списък на посочените публикации, свързани с дисертацията и списък на доворите, по които е работил докторантът. Приложенията са 20 броя върху представени на 105 страници. Библиографията включва общо 126 литературни източници, от които 101 са на латиница и 23 на кирилица, а останалите са интернет адреси.

Правилно е направена оценка на съвременните технологии, стратегии за контрол и бъдещите тенденции в децентрализираните системи за производство на електрическа енергия, които са от съществено значение за определяне на режимните параметри и намирането на нови технически решения. Базирайки се на тази оценка са формулирани целта и задачите на дисертационния труд.

Уточнена е целта на дисертационния труд - да се изследва управлението на съвременни ЕЕС чрез методите за регулиране на напрежението в мрежи с

децетрализирани източници на електроенергия и посредством техники със силов хардуер във веригата, както и решенията за интелигентно управление на товари.

За постигане на цел на дисертационния труд авторът е идентифицирал няколко задачи за перспективно изследване, свързани с управлението на съвременни ЕЕС, а именно:

- Регулиране на напреженията.
- Анализ на управлението и устойчивостта на ЕЕС чрез експерименти със силов хардуер във веригата.
- Интелигентно управление на товара.
- Постояннотокови и хибридни (АС/DC) мрежи НН.
- Поведение на инверторно свързани генератори с акумулатори при КС.

Всичко това потвърждава актуалността на изследвания проблем.

Формулираните от автора на дисертационния труд цели и задачи са адекватни и съответстват на изискванията на дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“.

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

Разгледаните голям брой публикации (126 бр., преобладаващата част от които са на английски език и са представени на реномирани международни форуми през последните години) дава основание да се направи заключение, че докторантът в отлична степен познава състоянието на проблематиката. След творческата интерпретация на тези публикации ясно са дефинирани целта и задачите на дисертацията – разработване на математически модели, хардуерни и програмни средства, даващи възможност за по-пълно изследване влиянието на децетрализирани източници на електроенергия върху установените и преходните режими на ЕЕС.

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

От разглеждането на дисертационния труд се установява, че с разработката се цели доказване на необходимостта от изследванията, анализ на типичните (традиционни) средства за намиране на решения (предимства и недостатъци при конкретните процеси), както и дефиниране на изискванията и синтез на нови, нетрадиционни средства за изследване и технически решения.

Отличното познаване на изследваните проблеми, задълбочените познания, свързани с методите за проектиране и анализ на използваните устройства, позволяват на докторанта да разработи оригинални компютърни модели на тези устройства, да подбере и приложи ефективни методи за изследване, както и да апробира получените резултати.

Докторантът правилно е избрал методиката на изследване. Тя е в съответствие с поставената цел и задачи на дисертационния труд и е позволила те да бъдат постигнати и решени на високо ниво.

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

На база на обстойното литературно проучване на текущото състояние на системите за управление на децетрализирани източници на електроенергия (ДЕИ), както и различните средства за контрол и регулиране на режимите в реално време, е направен

сравнителен анализ на режимите при различните структури на мрежата. Извършените изследвания при този анализ показват, че оценката на нововъзникващите технологии, стратегии за контрол и тенденции при разработка на системи за управление са с решаващо значение за определяне на стойностите на параметрите при намирането на нови решения и подобрения.

Перспективните изследвания, свързани с управлението на съвременни ЕЕС при използване на ВЕИ в разпределителните мрежи за средно напрежение, както и при микро- и нано- мрежи, са групирани в следните пет задачи: Регулиране на напреженията в разпределителни мрежи с разпределено производство; Изследвания със силов хардуер във веригата в контекста на устойчивостта на бавните преходни процеси обусловени от големи системни аварии; Интелигентно управление на режимните параметри чрез изменение на гъвкави товари; Постояннотокови и хибридни (променливотокови и постояннотокови) мрежи НН; Устойчивост при преходни процеси след къси съединения на инверторно свързани генератори с акумулатори.

Във втора глава, която е с най-голям обем, са разгледани методологията и подходите за изследване на установени и квазиустановени режими в трифазни разпределителни мрежи с разпределено производство. Правилно са избрани показателите и софтуерите за оценка на състоянието при регулиране на напрежението и режимите в електроразпределителните мрежи с ДЕИ. Създадена е методология и софтуерна реализация на инструментите и средствата за анализ. На базата на избрани представителни трифазни симетрични тестови системи и възможни конфигурации са обработени данните и валидирано избраното софтуерно решение с помощта на програмите STATUS, NEPLAN и DMS. След адекватно опростяване на схемата е проведено изследване на методите, средствата и факторите при регулирането на напрежението при различни сценарии. При различните сценарии подробно са изследвани: количеството на недоставената активна енергия от производителите вследствие на регулирането на напрежението; способността на различните технически средства да предоставят допълнителни възможности за присъединяване на мощности; различните конфигурации на мрежата при избрано базисно напрежение.

В трета глава посредством аналитично - експериментален подход е направен анализ на работата на силов хардуер във веригата за изследване и управление на режимните параметри в ЕЕС. Реализирано е интелигентно управление на режимните параметри чрез изменение на товара, което е изпитано и в обект от живата лаборатория на лаб. УЕЕС на ТУ - София. Решението предлага нов цифров контролер за регулиране на напрежението чрез гасителен товар за автономен, водещ по напрежение и честота хидрогенератор. Достоверно е анализиран и ефекта от управление на мощностите посредством пазарна схема за динамично ценообразуване при постояннотокови мрежи НН.

В четвърта глава чрез експериментален подход е анализирана работата на разработените физически модели на инверторно свързан фотоволтаичен генератор с акумулатор в условията на късо съединение, като са разгледани различни случаи в зависимост от момента на възникване на късото съединение. Разгледаните преходни процеси дават възможност за оценка на поведението на инвертора при възникване на КС и влиянието върху устойчивостта на ЕЕС.

Високо оценявам усилията на докторанта инж. Виглов да търси различни комбинации от критерии и модели при решаване на формулираните задачи.

Разработени са физически контролери и програмно осигуряване за: Интелигентно управление на режимните параметри чрез изменение на товара; Постояннотокови мрежи

НН и инверторно свързани генератори с акумулатори. Направени са изследвания и правилно са формулирани съответните изводи. Избраната методика на изследване съответства напълно на поставените цели. Получените резултати са систематизирани в приложенията по начин, осигуряващ добра база за сравнителен анализ.

Налице е научно-приложната стойност на получените резултати от разработките в дисертационния труд, както и реалната възможност за прилагането им в практиката. Основните резултати от проведените изследвания са проверени чрез сравнителни софтуерни аналитични и хардуерни експериментални процедури.

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

Приносите от разработката са значими.

1. Научно-приложни приноси

1.1. Предложено е моделно изследване на методите и средствата за регулиране на напрежението и режимите в електроразпределителните мрежи с възобновяеми ДЕИ, посредством набор от показатели за оценка на състоянието.

1.2. Анализирани са различни възможни схеми за развитие на електроразпределителни мрежи в контекста на увеличеният дял разпределено производство от ВЕИ като са оценени предимствата и недостатъците при всяка от тях.

1.3. Разработена е нова архитектура, софтуерна и хардуерна реализация на опитна постановка за изпитване и изследване на устройства и системи в контекста на устойчивостта и управлението на електрически мрежи и системи посредством техники със силов хардуер във веригата.

2. Приложни

2.1. Разработени са нови модули на програмата STATUS, които позволяват осъществяване на целта и задачите на изследването по отношение на методите и средствата за регулиране на напрежението и режимите в електроразпределителните мрежи с възобновяеми ДЕИ.

2.2. Разработен е нов цифров контролер за интелигентно управление на режимните параметри посредством изменение на товара.

2.3. Разработена е физическа опитна постановка за изпитване и анализ на микро и нано-мрежи с инверторно свързан генератор със система за съхранение на енергия, за експериментално изследване на устойчивостта и преходните процеси след възникване на късо съединение.

2.4. Реализирана е опитна постановка за изследване на устойчивостта на система със силов хардуер във веригата в реално време. Експериментално са изследвани преходни процеси и устойчивостта им след възникване на късо съединение.

Получените резултати са оригинални и напълно съответстват на изискванията за дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“. Внедряването на резултатите е актуално и смятам, че ще бъде много полезно скорошното им прилагане.

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

От представения дисертационен труд става ясно, че докторантът е усвоил работата със специфичния математически инструментариум и успешно се справя със сложни изследователски задачи, повечето от които решава в екип.

Ясно си личи задълбоченото познаване на съвременното състояние на проблемите, а постигнатите от докторанта резултати значителни. Разработка с такъв характер и обем изисква сериозна екипна работа, което се вижда от авторския състав в публикациите и от резултатите от изследванията в представените приложения. Необходимо е да се отбележи, че самостоятелната му публикация [1], представена на реферирана в Scopus конференция, което потвърждава личните му приноси.

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

Основните постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в пет публикации, от които една е самостоятелна и четири са в съавторство. Всички публикации са представени на международни конференции и са видими в IEEE и SCOPUS:

- доклад на международната конференция 15th Electrical Engineering Faculty Conference, BulEF 2023, - самостоятелна;
- доклади на международната конференция 14th Electrical Engineering Faculty Conference, BulEF 2022 – две статии;
- доклад на международната конференция 2nd International, Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area 2022, EEE Catalog Number: CFP22T26-POD, ISBN (Print): 978-1-6654-6108-5, ISBN (Online): 978-1-6654-6107-8;
- доклад на международната конференция 12th Electrical Engineering Faculty Conference, BulEF 2020.

Публикациите са в периода от 2020 до 2023 година, като за тях са отбелязани 10 цитирания - 5 от тях са цитирания от други автори, а останалите 5 са самоцитирания (цитиращата и цитираната публикации имат поне един общ съавтор).

Всички публикации са свързани с тематиката на дисертационния труд и са видими в SCOPUS, благодарение на което основните резултати на дисертационния труд са достояние на българската и международна научна общност. Изборът основно на технически форуми като място на изява гарантира допълнителна качествена колегиална оценка от по-голям брой специалисти в разглежданата област.

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

Извършените изследвания, свързани с проектиране, математично моделиране и определяне на параметрите на ДЕИ, имат своята практическа приложимост при намирането на нови решения и подобрения при тяхната разработка.

Разработените математически модели, използването на програмен продукт STATUS и създаване на нови функционални програмни модули към него определят приложимостта и удобството от използването им, а оттам и актуалността от внедряването им още на този етап.

Лаборатория Устойчивост на Електроенергийните системи към катедра Електроенергетика посредством средствата по договор Д№ 222ПД0019-01/ 24.03.2022г. Изследователски проект в помощ на докторант на тема „Лабораторен стенд за изследване на микро и нано мрежи с инверторно свързани генератори с акумулатор“ е дооборудвана с необходимите софтуерни и хардуерни средства за провеждане на научно-

изследователска, научно-приложна и учебна дейност в областта на анализа на устойчивостта на ЕЕС с микро и нано-мрежи с инверторно свързан генератор със ССЕ.

Получените резултати са приложими при разработване на методи и стратегии за регулиране на напрежението в мрежи с ДЕИ. Представените стратегии и устройства допринасят към общото подобряване на управлението на ЕЕС и качеството на електрическа енергия в интелигентни мрежи.

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 в обем от 29 страници и е изготвен съгласно изискванията. В него са показани главните достижения на дисертационния труд. Считаю, че той адекватно отразява основните положения и научните приноси на дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки.

Обемът на глава 2 е несъразмерно по-голям от глави 2 и 3. Глава 2 е посветена на начините за определянето на режимните параметри и подобряване на качеството на напрежението в разпределителните мрежи. В нея са концентрирани и по-голямата част от приносите на дисертацията. Според мен правилно би било материалът от глава 2 да бъде още малко разширен с подробни технико-икономически анализи на разгледаните стратегии за управление на напрежението и това би формирало достатъчен обем и приноси за завършен вид на дисертацията. В такъв случай работата по глави 2 и 3 можеше да бъде предмет на друга разработка.

Препоръки:

- Необходимо е реално валидиране на използвания програмен продукт чрез сравняване на резултатите с тези от записи в реална физическа система при определен брой симулации.
- Правилно би било да се представи повече информация за използваните цифрови филтри при формирането на информацията за стойностите на напрежението .

Направените забележки и препоръки не омаловажават постигнатото в дисертационния труд. Считаю за много положително и това, че в резултат от разработките базата на катедрата е обогатена със съвременен хардуер и софтуер, което благоприятства бъдещата научно-приложна дейност.

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

Личното ми становище е, че представения труд е актуален и е с висока стойност. Притежава достатъчно научно-приложни и приложни приноси. Като обем, брой и сложност на решаваните проблеми, направените анализи и намерени чрез авторските разработки решения надхвърлят изискванията.

Стилът на изложение на автора е много добър и отговаря на нормите на академично писане. Материалите в дисертацията са описани в необходимата пълнота, изводите и заключенията са много добре структурирани и аргументирани. Дисертационният труд отговаря на изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за прилагането на ЗРАСРБ и на Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в ТУ-София.

Представеното в дисертационния труд високо научно ниво, натрупан теоретически и изследователски опит с постигнатите резултати в една съвременна и актуална област и получените научно-приложни и приложни приноси, ми дават достатъчни основания да препоръчам на Уважаемото жури да присъди на маг. инж. Костадин Богословов Виглов образователната и научна степен „Доктор“ в областта на висше образование „Технически науки“, професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“, научна специалност „Електрически мрежи и системи“.

Дата: 24.09.2024г.

Рецензент:

/доц. д-р инж. Йончо Каменов/

REVIEW

on a dissertation for the acquisition of an educational and scientific degree "Doctor" in the field of higher education "Technical Sciences", in the professional field 5.2. "Electrical Engineering, Electronics and Automation", doctoral program "Electrical Networks and Systems", scientific field "Electrical Networks and Systems".

Author of the dissertation:

MSc Kostadin Bogoslovov Viglov

Topic of the dissertation:

Management of contemporary Power Systems

Scientific supervisor: **Assoc. Prof. Dr. Eng. Rad Hristov Stanev**

Reviewer: **Assoc. Prof. Dr. Eng. Yoncho Lyubenov Kamenov,**
Technical University of Varna,
Department of Electrical Power Engineering

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

The changes in recent years in the EPS of Europe and in particular of the Republic of Bulgaria, as well as the strategies outlined in the European SET Plan determine the relevance of the topic of the dissertation. The commissioning of decentralized electric power sources, where the mode of generation is of a relatively random nature and to a large extent their production is not subject to the Electricity System Operator, determines the operation of the electrical power systems and their elements in modes close to the limits in terms of their reliability and sustainability. This determines the need for research in this direction, as well as the development of new techno-economic solutions to overcome the problems. The dissertation investigates issues related to control and operation of RES to improve voltage quality and transients in distribution networks and strategies for smart decentralized power balancing in mini, micro and nano grids.

The dissertation has a length of 162 pages, including an introduction, 4 chapters presenting the solution of the formulated main tasks, claims about the contributions of the dissertation, a list of publications related to the dissertation and a list of papers on which the doctoral candidate has worked. The appendices are 20 in number on 105 pages. The bibliography includes a total of 126 references, of which 101 are in English and 23 in Cyrillic, and the rest are Internet addresses.

A proper assessment of current technologies, control strategies and future trends in decentralised power generation systems has been made, which are essential for determining regime parameters and finding new technical solutions. Based on this assessment the aim and objectives of the thesis are formulated.

The aim of the thesis is specified - to investigate the control of modern EPS through voltage control methods in networks with decentralized power sources and through power hardware in the loop techniques, as well as smart load control solutions.

To achieve the aim of the dissertation, the author has identified several tasks for prospective research related to the control of modern EPS:

- Voltage control.
- Analysing the control and stability of EPS through power hardware in the loop experiments.
- Smart load control.
- DC and hybrid (AC/DC) LV networks.
- Behaviour of inverter-coupled generators with batteries under short circuit.

All this confirms the relevance of the research problem.

The aims and objectives formulated by the author of the dissertation are adequate and correspond to the requirements for obtaining the educational and scientific degree "Doctor".

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

The reviewed large number of publications (126, the majority of which are in English and have been presented at reputable international forums in recent years) gives grounds to conclude that the PhD student has an excellent knowledge of the state of the art. Following the creative interpretation of these publications, the aim and objectives of the thesis are clearly defined - the development of mathematical models, hardware and software tools to enable a more complete investigation of the impact of decentralized power sources on the steady-state and transient modes of the EPS.

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

From the examination of the thesis it is found that the development aims at proving the necessity of the research, analyzing the typical (traditional) means of finding solutions (advantages and disadvantages in specific processes), as well as defining the requirements and synthesis of new, non-traditional means of research and technical solutions.

Excellent knowledge of the investigated problems, in-depth knowledge related to the design and analysis methods of the used devices allow the PhD student to develop original computer models of these devices, to select and apply effective research methods, as well as to validate the obtained results.

The PhD student has correctly chosen the research methodology. It is in accordance with the stated aim and objectives of the dissertation and has allowed him to achieve and solve them at a high level.

4. Brief analytical characterization of the nature and assessment of the reliability of the work on which the contributions of the dissertation are built

Based on the extensive literature study of the current state of the art of control systems for decentralized power sources (DPS), as well as the different means for real-time control of the modes, a comparative analysis of the modes under different grid topology is performed. The research conducted in this analysis shows that the evaluation of emerging technologies, control strategies and trends in control system development are critical to determining parameter values when finding new solutions and improvements

Prospective research related to the management of advanced EPS using RES in medium-voltage distribution networks, as well as in micro- and nano-grids, is grouped into the following five tasks: Voltage regulation in distribution networks with distributed generation; Research

with power hardware in the loop techniques in the context of the stability of slow transients driven by large system failures; Smart control of grid parameters by flexible loads; DC and hybrid (AC and DC) LV networks; Transient stability after short circuits of inverter-coupled generators with batteries.

The second chapter, which is the largest in length, discusses the methodology and approaches for studying steady-state and quasi-dynamic modes in three-phase distribution networks with distributed production. Proper selection of indicators and software to assess voltage and mode control in electric distribution networks with DPS is made. A methodology and software implementation of analysis tools and instruments has been created. Based on selected representative three-phase symmetrical test systems and possible configurations, the data were processed and the selected software solution validated using the STATUS, NEPLAN and DMS programs. After adequately simplifying the scheme, a study of the methods, means and factors in voltage control under different scenarios is conducted. Under the different scenarios, the following are examined in detail: the amount of undelivered active energy from producers due to voltage regulation; the ability of the different technical means to provide additional opportunities for connecting capacities; the different grid configurations at chosen base voltage

In third chapter, an analytical and experimental approach is used to analyze the performance of power hardware in the loop to study and control of grid mode parameters in EPS. A smart control of grid mode parameters by flexible loads has been implemented and tested in a living lab environment of PSS laboratory of Technical University of Sofia. The solution offers a new digital controller for voltage control via a damp load regulation for an autonomous, voltage and frequency leading hydro generator. The effect of power management by means of a market-based dynamic pricing scheme for LVDC networks is also credibly analysed.

In the fourth chapter the performance of the developed physical models of an inverter-coupled photovoltaic generator with a battery under short-circuit conditions is analyzed through an experimental approach, considering different cases depending on the time of occurrence of the short-circuit. The investigated transients enable the evaluation of the inverter behaviour during the occurrence of a short-circuit and the impact on the stability of the EPS.

I highly appreciate the efforts of the PhD student Eng. Viglov to search for different combinations of criteria and models in solving the formulated problems.

Physical controllers and control software have been developed with purpose of: Smart control of grid mode parameters by flexible load; LVDC networks and inverter connected generators with batteries. Research has been done and appropriate conclusions have been correctly drawn. The chosen research methodology fully corresponds to the set objectives. The results are systematized in the appendices in a way that provides a good basis for comparative analysis.

There is the scientific and applied value of the results obtained in the dissertation, as well as the real possibility of their application in practice. The main research results are verified by comparative software analytical and hardware experimental procedures.

5. Scientific and/or scientifically applied contributions of the dissertation work

The contributions of the development are significant.

1. Scientific-applied contributions

1.1. A model study of the methods and means of voltage and mode regulation in distribution networks with renewable DES is proposed, using a set of condition assessment indicators.

1.2. Different possible schemes for the development of electrical distribution networks in the context of an increased share of distributed generation from RES are analyzed, assessing the advantages and disadvantages of each of them.

1.3. A novel architecture, software and hardware implementation of an experimental setup for testing and investigating devices and systems in the context of the stability and control of electrical networks and systems using power hardware in the loop techniques is developed.

2. Applied contributions

2.1. New modules of the STATUS software have been developed to enable the implementation of the aim and objectives of the study in terms of methods and means of voltage and mode regulation in distribution networks with renewable DES.

2.2. A new digital controller has been developed for smart control of grid mode parameters through flexible load.

2.3. A physical experimental setup for testing and analysis of micro- and nano-grids with inverter-coupled generator with energy storage system has been developed for experimental study of stability and transients after a short circuit.

2.4. An experimental setup is implemented to study the stability of a system with power hardware in the loop in real-time. Transients and their stability after a short circuit occurrence are experimentally investigated.

The results obtained are original and fully comply with the requirements for a dissertation for Education and Science degree of Doctor. The implementation of the results is topical and I believe that their recent application will be very useful.

6. Assessment of the degree of the dissertant's personal involvement in the contributions

It is clear from the presented dissertation that the PhD student has mastered the use of specific mathematical tools and successfully handles complex research tasks, most of which are solved in a team.

A thorough knowledge of the current state of the problems is clearly evident, and the results achieved by the PhD student are significant. An elaboration of this nature and scope requires serious teamwork, which is evident from the authorship in the publications and from the research results in the presented appendices. It should be noted that his independent publication [1], presented at a Scopus refereed conference, confirms his personal contributions.

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

The main achievements and results of the thesis have been published in five publications, of which one is independent and four are co-authored. All publications have been presented at international conferences and are visible in IEEE and SCOPUS:

- report at the international conference 15th Electrical Engineering Faculty Conference, BULEF 2023, - independent;
- report at the international conference 14th Electrical Engineering Faculty Conference, BULEF 2022 – two articles;

- report at the international conference 2nd International, Conference on Energy Transition in the Mediterranean Area 2022, EEE Catalog Number: CFP22T26-POD, ISBN (Print): 978-1-6654-6108-5, ISBN (Online): 978-1-6654-6107-8;
- report at the international conference 12th Electrical Engineering Faculty Conference, BULEF 2020.

The publications are in the period from 2020 to 2023, and 10 citations are noted for them - 5 of them are citations by other authors, and the remaining 5 are self-citations (citing and cited publications have at least one co-author in common).

All publications are related to the dissertation topic and are visible in SCOPUS. The main results of the dissertation are available to the Bulgarian and international scientific community. The choice of primarily technical forums as a venue ensures additional qualitative peer review from a larger number of specialists in the field under consideration.

8. Applying the results of the dissertation in scientific and social practice. Presence of direct economic impact achieved, etc. Documents on which the claim is based.

The research carried out related to design, mathematical modelling and determination of DPS parameters has its practical applicability in finding new solutions and improvements in their development.

The developed mathematical models, the use of the STATUS software product and the creation of new functional program modules to it determine the applicability and convenience of their use, and hence the relevance of their implementation at this stage.

Power Systems Stability Laboratory at the Department of Electrical Power Engineering through funds of contract Д№ 222ПД0019-01/ 24.03.2022г. Research project in support of a PhD student on topic „Laboratory bench for the study of micro and nano grids with inverter-coupled generators with battery“ is equipped with the necessary software and hardware tools for conducting scientific research, applied research and teaching activities in the field of stability analysis of micro- and nano-grids with inverter-coupled generator with ESS.

The results are applicable to the development of methods and strategies for voltage control in networks with DPS. The presented strategies and devices contribute to the overall improvement of EPS management and power quality in smart grids.

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

The abstract consists of 29 pages and has been prepared according to requirements. It shows the main achievements of the thesis. I believe that it adequately reflects the main points and scientific contributions of the thesis.

10. Opinions, recommendations and comments.

The volume of Chapter 2 is disproportionately larger than Chapters 2 and 3. Chapter 2 is devoted to ways of determining grid parameters and improving voltage quality in distribution networks. Most of the contributions of the dissertation are concentrated in it. In my view, it would have been right to extend the material in Chapter 2 a little further with detailed techno-economic analyses of the voltage control strategies considered and this would have formed a sufficient volume and contribution to complete the thesis. In that case, the work on chapters 2 and 3 could be the subject of another elaboration..

Recommendations:

- Real validation of the used software product is necessary by comparing the results with those from records in a real physical system in a certain number of simulations.
- It would be correct to provide more information on the digital filters used in the formation of the voltage value.

The comments and recommendations made do not diminish the achievements of the thesis. I also consider it very positive that as a result of the developments the department's base has been enriched with modern hardware and software, which is conducive to future scientific and applied activities.

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

My personal opinion is that the work presented is relevant and of high value. It has sufficient scientific-applied and applied contributions. In terms of volume, number and complexity of the problems solved, the analyses made and the solutions found through the authors' work exceed the requirements.

The author's presentation style is very good and meets the norms of academic writing. The materials in the thesis are described in the necessary completeness, the conclusions are very well structured and reasoned. The dissertation meets the requirements of the Academic Staff Development Act in the Republic of Bulgaria and the Regulations on the Terms and Conditions for Acquiring Scientific Degrees at the Technical University of Sofia

The high scientific level presented in the dissertation, the accumulated theoretical and research experience with the achieved results in a contemporary and topical field and the obtained scientific and applied contributions, give me sufficient grounds to recommend to the Honourable Jury to award to MSc. Eng. Kostadin Bogoslovov Viglov the educational and scientific degree of Doctor in the field of higher education "Technical Sciences", professional field 5.2 "Electrical Engineering, Electronics and Automation", doctoral program "Electrical Networks and Systems"

Date: 24.09.2024

Reviewer:
/ Assoc. Prof. Dr. Eng. Yoncho Kamenov /