

ИПФ 45-НС1-067 / 04.01.2021 г.

## РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационния труд за получаване на образователната и  
научна степен „доктор“

**Автор на дисертационния труд:** *маг.инж. Мехмед Кадир Хасан*

**Тема на дисертационния труд:** *Оптимална конфигурация на  
интелигентни разпределителни електрически мрежи*

**Професионално направление:** *5.2 Електротехника, електроника  
и автоматика*

**Научна специалност:** *Електрически мрежи и системи*

**Изготвил рецензията:** *проф. д-р инж. Костадин Грозев  
Костадинов*

*Рецензията е изготвена въз основа на Заповед ОЖ-5.2-111–  
04.11.2020 г. на Ректора на ТУ-София и Протокол от първо  
заседание на Научното жури.*

### **1. Актуалност на разработения в дисертационния труд проблем**

*Изграждането на интелигентни електрически мрежи (ИЕМ)  
изисква тяхното съоръжаване със съвременни автоматизирани  
системи за управление, с компютърна и комуникационна техника,  
което създава предпоставки за повишаване на ефективната  
работа на електроенергийната система, за способността за  
самовъзстановяване на нейни елементи след прекъсване на  
електроснабдяването и за възможност за двустранно захранване  
на потребителите.*

*Темата на дисертацията е актуална и изследването е  
посветено на оптимизиране на конфигурацията на ИЕМ с  
отчитане на изискванията, предявявани както към  
традиционните, така и към интелигентните мрежи.*

Особено значение при търсене на оптимална конфигурация на интелигентни разпределителни електрически мрежи има подборът на критериите за оптимизация, чийто избор в разпределителните мрежи се усложнява поради различните интереси на собствениците на мрежата, на присъединените към нея децентрализирани производители и на потребителите.

Търсенето на оптимална конфигурация на разпределителни ИЕМ при различни критерии за постигане на енергийна ефективност, минимални инвестиции и оптимална структурна надеждност са актуални задачи за решаване в електроенергийния сектор.

## **2. Степен на познаване на състоянието на проблема**

Докторантът е проучил съвременното състояние на проблема. Ползвал е 138 литературни източници, от които 65 са на латиница и 73 на кирилица.

След проучване и анализ на насоките при структуриране на ИЕМ, особеностите при формиране на критериите за вземане на оптимални решения в разпределителните мрежи за средно напрежение, докторантът е набелязал целта, проблемите и задачите за изследване.

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

Задачите в дисертационния труд са решени с подходящо предложен подход и избран математичен метод за приложение. Използвана е математичната теория на графите, математичната теория на игрите и оптимизационни методи, с които в конкретните случаи се постигат достоверни резултати.

За решаване на набелязаните задачи в дисертационния труд се прилагане компютърно моделиране и разработка на специализиран софтуер към компютърната система на катедра „Електротехника, електроника и информационни технологии“ в ИПФ-Сливен.



#### **4. Кратка аналитична характеристика на дисертационния труд**

Дисертационният труд е в обем от 128 страници, като включва увод, 5 глави, заключение с основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използваната литература.

В първа глава се разглеждат структурите на традиционните разпределителни мрежи за средно напрежение, особеностите, които трябва да се отчитат при построяване на конфигурацията на интелигентни разпределителни електрически мрежи. Прави се обосновка на критерии за вземане на решения при експлоатация на разпределителни ИЕМ. Набелязват се целта, нерешените проблеми и задачите за изследване. Установява се, че оптимална конфигурация на ИЕМ може да се избере по един или няколко от следните критерии: минимални загуби на мощност; максимална надеждност, дисконтирани разходи; достатъчна пропускателна способност на мрежата; минимални разходи за производство на електроенергия от децентрализирани електроенергийни източници (ДЕИ).

Във втора глава е съставена методика и софтуер за оценка на енергийната ефективност в разпределителните мрежи при промяна на тяхната конфигурация. Със съставената методика се провежда вариантно изследване на енергийната ефективност при изменение на конфигурацията в нормален и следавариен режим на разпределителните ИЕМ. С разработената методика и създадения алгоритъм може да се избира оптималната схема на мрежата за постигане на енергийна ефективност по два критерия: дисконтирани разходи и загуби на мощност.

В трета глава е разработена методика за провеждане на структурен анализ на разпределителни електрически мрежи. Прилага се математичната теория на графите за да се изследва структурната надеждност. За по-сложни конфигурации, освен критерия за надеждност, се въвеждат допълнителни критерии: като инвестиции за изграждане, достатъчна пропускателна способност на мрежата и др. Проведените изследвания показват, че някои от съставените варианти на конфигурации на електрическата мрежа удовлетворяват изискванията за

минимални инвестиции или достатъчна пропускателна способност на елементите, но не са оптимални от гледна точка на структурна надеждност, което е от значение при избор на оптимален вариант.

Глава четвърта е посветена на избор на оптимален вариант за присъединяване на децентрализирани производители на електроенергия към ИЕМ. Разработени са две методики и софтуер за избор на оптимален вариант за присъединяване на ДЕИ към електрическата мрежа с приложение на математичната теория на игрите и с използване на теорията на графите при предварително избрани критерии. Методиката с прилагане на математичната теория на игрите включва избор по критериите: дисконтирани разходи, загуби на мощност и допълнителни разходи за осигуряване на пропускателната способност на електропроводите. Методиката с приложение на теорията на графите прилага критериите: минимални загуби на мощност, минимално количество недоставена енергия и дисконтирани разходи. Изчисленията за оптимален вариант могат да се извършат по всеки от посочените критерии. По тази част от изследванията на докторанта са направени две публикации с референция по SCOPUS.

В пета глава се съставя методика и алгоритъм за оптимизация на режима по активна мощност в хибридна ИЕМ при критерий за минимални загуби на мощност с прилагане на математични методи за оптимизация. Прилагат се два математични метода за оптимизация: метода на неопределените множители на Лагранж и градиентния метод. Съставените методики са приложими за ИЕМ с различен брой генериращи източници.

С така проведените и представени резултати от изследвания поставената цел е постигната и набелязаните основни задачи са решени.

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

Приносите в дисертационния труд са научно-приложни:



- Съставена е методика и софтуер за избор на оптимална схема за постигане на енергийна ефективност в ИЕМ с различни конфигурации с прилагане на вариантно изследване.
- Разработена е методика и софтуер за структурен анализ на разпределителни мрежи с приложение на теорията на графите.
- Съставена е методика и софтуер за избор на оптимален вариант на присъединяване на ДЕИ към разпределителни ИЕМ с прилагане на математичната теория на игрите при различни критерии.
- Създадена е методика с приложение на теорията на графите за изследване на вариантите за присъединяване на ДЕИ към разпределителните ИЕМ при различни критерии.
- Разработени са методики за оптимизация на режима по активна мощност в хибридна ИЕМ с различен брой генериращи източници като се използва метода на неопределените множители на Лагранж и градиентния метод.

Обосновката на критериите за избор на оптимална конфигурация на ИЕМ считам като резултат от проведените изследвания.

Приносите, които признавам, са от значение за теорията и практиката за проектиране и експлоатация на разпределителни ИЕМ.

#### **6. Оценка за степента на лично участие на докторанта**

Постигнатите резултати в дисертацията са лично дело на докторанта под научното ръководство на проф. д-р Стефка Неделчева.

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

По дисертационния труд докторантът е представил общо 12 публикации, 2 от които самостоятелни.

Девет от публикациите са в списания: 1 от тях е в списание „Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology“, ISSN

2458-9403, а останалите 7 са в сп. „Известия на ТУ-Сливен“, ISSN 1312-3920. Три са публикуваните доклади на научни конференции. Две от публикациите са реферинция по SCOPUS.

Публикациите достатъчно точно отразяват постигнатите резултати в дисертацията.

#### **8. Автореферат**

Авторефератът отговаря на изискванията и съответства на текста в дисертацията. В него са показани основните достижения в дисертацията.

#### **9. Приложение на постигнатите резултати**

Създадените методики, алгоритми и софтуер са приложими при проектиране, реконструкция и експлоатация на разпределителни мрежи по оптимизирани схеми, също при изграждане на ИЕМ и оразмеряване на хибридни ИЕМ.

#### **10. Мнения, забележки и препоръки**

- Към пета глава е даден само един изчислителен резултат за една хибридна ИЕМ с два ДЕИ по двете разработени методики и са направени съответните изводи. Желателно е обобщенията да се правят за по-голям брой проведени изчисления на различни клонове от хибридни ИЕМ.
- Първият представен принос в заключението към дисертацията може да се посочи като резултат от изследването, проведено в първа глава.
- Изследваната тема и създадените методики и софтуер дават възможност за много голям брой задачи за изследване, както при експлоатацията на традиционните мрежи, така и при тяхното реструктуриране и изграждане на ИЕМ. Препоръчвам докторантът да продължи да надгражда темата, като провежданите изчисления бъдат базови за вземане на оптимални решения относно настройката и функционирането на устройствата за защита и автоматика е разпределителните ИЕМ.



### **Заключение**

*Въз основа на постигнатите резултати в дисертационния труд, представените публикации и наличието на научно-приложни приноси, считам, че са изпълнени изискванията на Закона за развитие на академичния състав и Правилника за неговото прилагане. Давам **положителна оценка** на дисертационния труд на докторанта Мехмед Кадир Хасан и предлагам да му бъде присъдена образователната и научната степен „доктор“ по научната специалност „Електрически мрежи и системи“ в професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“.*

**Рецензент:** .....

/проф. д-р Костадин Костадинов/

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

of a dissertation for obtaining the educational and qualification degree  
"Doctor" (PhD)

**Author of the dissertation:** *Dipl. Eng. Mehmed Kadir Hassan, MSc*

**Dissertation topic:** **Optimal configuration of distribution smart grids**

**Optimal configuration of smart electrical distribution grids**

**Professional field:** *5.2 Electrical engineering, electronics and automation*

**Scientific specialty:** *Electrical networks and systems*

**Reviewer:** **Professor Eng. Kostadin Grozev Kostadinov, PhD**

*The review was prepared on the basis of the Order OZh-5.2-111/04.11.2020 of the Rector of TU Sofia and the Minutes of the first meeting of the Scientific Jury.*

### **1. Relevance of the developed in the thesis scientific problem**

*The introduction of smart grids (SG) requires their supply with modern automated control systems, computer and communication equipment, which creates prerequisites for increasing the efficient operation of the power system, the ability to self-recover its elements after power outages and the possibility for two-way power supply to consumers.*

*The topic of the dissertation is relevant and the research is dedicated to optimizing the configuration of SG, taking into account the requirements for both the traditional grids and their smart equivalents.*

*Of particular importance in the search for an optimal configuration of smart distribution networks is the selection of optimization criteria, the choice of which in the case of the distribution networks is complicated by the different interests of the network owners, the associated decentralized producers and the consumers.*



*The search for an optimal configuration of the smart distribution grids under different criteria for achieving energy efficiency, at minimal investment and optimal structural reliability are current problems to be solved in the electricity sector.*

## **2. Degree of knowledge of the state of the problem**

*The doctoral student has studied the current state of the problem. He has used 138 literary sources, 65 of which in Latin and 73 in Cyrillic.*

*After studying and analyzing the guidelines for structuring SGs, the peculiarities of forming the criteria for making optimal decisions in the field of medium voltage distribution networks, the doctoral student has identified the aim, the problems and the objectives for his research.*

## **3. Relevance of the chosen research methodology and the stated aim and objectives of the dissertation with the achieved contributions**

*The objectives in the dissertation have been achieved with the help of an appropriately proposed approach and a chosen mathematical method for application. The mathematical theory of graphs, the mathematical theory of games and optimization methods have been used and reliable results have been achieved.*

*Computer modeling and development of specialized software to the computer system of the Department of Electrical Engineering, Electronics and Information Technology in FEP-Sliven have been applied to achieve the objectives of the dissertation work.*

## **4. Brief analytical characteristics of the dissertation work**

*The dissertation is 128 pages long and includes an introduction, 5 chapters, a conclusion with the main contributions, a list of publications on the dissertation topic and references to the used literature.*

*The first chapter discusses the structures of the traditional medium voltage distribution networks and the features that must be taken into account when building the configuration of smart power distribution grids. Justification of the decision-making criteria when operating smart power distribution grids is made. The aim, the unsolved problems and the objectives of the research are outlined. One or more of the following criteria is found to be useful when selecting the optimal configuration of a smart distribution grid: minimum power loss; maximum reliability,*

*discounted costs; sufficient network bandwidth; minimum costs for electricity production by decentralized electricity sources (DES).*

*In the second chapter a methodology and software for evaluation of the energy efficiency in the distribution networks in case of change of their configuration is compiled. A variant study of the energy efficiency in case of change of the configuration in normal and post-emergency mode of the smart distribution grids is carried out by means of the compiled methodology. With the help of the developed methodology and the created algorithm, the optimal scheme of the network for achieving energy efficiency can be chosen according to two criteria: discounted costs and power losses.*

*A methodology for conducting a structural analysis of electrical distribution networks has been developed in the third chapter. The mathematical theory of graphs is applied to study the structural reliability. For more complex configurations, in addition to the criterion of reliability, additional criteria are introduced, such as: investment for construction, sufficient network bandwidth, etc. The studies show that some of the compiled configurations of the electrical network meet the requirements for minimum investment or sufficient capacity of the elements, but are not optimal in terms of structural reliability, which is important when choosing the optimal option.*

*Chapter four is devoted to selection of the optimal option for joining decentralized electricity producers to SGs. Two methodologies and a software product have been developed with application of the mathematical theory of games and use of the theory of graphs for pre-selected criteria. The methodology, based on the application of the mathematical theory of games allows for a choice according to the following criteria: discounted costs, power losses and additional costs for ensuring the bandwidth capacity of the power lines. The methodology, using the graph theory, applies the criteria: minimum power losses, minimum amount of undelivered energy and discounted costs. The calculations for the optimal variant can be performed according to any of the specified criteria. Two publications with reference to SCOPUS have been made on this part of the doctoral student's research.*



*Another methodology along with an algorithm for optimization of the active power mode in a hybrid smart grid with a criterion for minimum power losses and application of mathematical methods for optimization are compiled in the fifth chapter. Two mathematical optimization methods are used: the method of indeterminate Lagrange multipliers and the gradient method. The compiled methodologies are applicable to smart grids with a different number of generating sources.*

*Both the stated aim of the dissertation work has been realized by the conducted and presented research results, and the stated main objectives achieved.*

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

*The contributions made in the dissertation work are scientifically applied:*

- A methodology and software for selection of an optimal scheme for achieving energy efficiency in SG with different configurations with the application of a variant study has been developed.*
- A methodology and software for structural analysis of distribution networks with application of the graph theory have been developed.*
- A methodology and software for selection of an optimal variant of joining DES to smart distribution grids with application of the mathematical theory of games under different criteria have been developed.*
- A methodology with application of the graph theory has been created to study the options for joining DES to smart distribution grids under different criteria.*
- Methods for optimization of the active power mode in a hybrid smart grid with a different number of generating sources have been developed based on using the method of indeterminate Lagrange multipliers and the gradient method.*

*I consider the justification of the criteria for selection of an optimal configuration of a smart distribution grid as a result of the conducted research.*

*The contributions I acknowledge are relevant to the theory and practice of designing and operating smart power distribution grids.*

#### **6. Assessment of the degree of personal participation of the doctoral student**

*The results, delivered in the dissertation, are a personal deed of the PhD candidate, achieved under the scientific guidance of Professor Stefka Nedelcheva, PhD.*

#### **7. Assessment of the publications on the dissertation topic**

*The doctoral student has presented a total of 12 publications on the dissertation, 2 of which independently developed.*

*Nine of the publications are in journals: 1 of them is in the Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology, ISSN 2458-9403, and the remaining 7 are in the journal "Izvestiya" of FEP, TU-Sliven, ISSN 1312-3920. There are three papers published in the proceedings of scientific conferences. Two of the publications are SCOPUS references.*

*The publications reflect sufficiently well the results presented in the dissertation.*

#### **8. Abstract**

*The abstract meets the requirements and corresponds to the text in the dissertation. It shows the main achievements in the dissertation.*

#### **9. Implementation of the achieved results**

*The developed methodologies, algorithms and software are applicable in the field of design, reconstruction and operation of distribution networks according to optimized schemes, as well as in construction of smart distribution grids and sizing of hybrid SGs.*

#### **10. Opinions, remarks and recommendations**

- Only one calculation result is given to the fifth chapter for one hybrid smart grid with two DES according to the two developed methodologies and the respective conclusions are made on the basis of only this example. It is desirable that the summaries be*



*made for a larger number of calculations performed on different branches of hybrid SGs.*

- *The first contribution presented in the conclusion to the dissertation can be indicated as a result of the research conducted in the first chapter.*

*The researched topic and the created methodologies and software allow for addressing to a very large number of research objectives, both in the operation of traditional networks and in their restructuring and constructing SGs. I recommend the doctoral student to continue to build on the topic and perform calculations, helping to make optimal decisions about the setup and operation of the protection devices and the automation in smart power distribution grids.*

#### **Conclusion**

*Based on the results achieved in the dissertation, the presented publications and the availability of scientific and applied contributions, I believe that the requirements of the Law of Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria and The Rules for the Implementation of this law are met. I give a positive assessment of the dissertation of the doctoral student Mehmed Kadir Hassan and propose the Scientific Jury to award him the educational and scientific degree Doctor (PhD) in the scientific specialty Electrical Networks and Systems, professional field 5.2 "Electrical Engineering, Electronics and Automation.*

**Reviewer:** .....  
/Professor Engineer Kostadin Grozev Kostadinov, PhD/