

## РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд  
за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ в  
област на висше образование - Технически науки  
професионално направление - Транспорт, корабоплаване и авиация  
специалност - Електроснабдяване и електрообзавеждане  
Автор: маг. инж. Стефан Атанасов Филчев  
Тема: Изследване проблемите на присъединяваните ветропаркове в  
енергийната система  
Рецензент: Пенчо Владимиров Йорданов, професор, дтн

### 1. Общи сведения и кратки биографични данни за докторанта

Настоящата рецензия е изготвена в съответствие със заповед № РД-254 от 11.09.2014г. на Началника на ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ и решение от първото заседание на научното жури от 12.09.2014 г.

Стефан Атанасов Филчев е роден на 12.03.1968г. в с. Суворово, обл. Варна. През 1985 г. е завършил Втора математическа гимназия гр. Варна, Специализирана паралелка „Физика“ със златен медал за отличник на гимназията. Завършил е УПК в Техникум по електротехника „Д. Ганев“ в гр. Варна през 1986 г.. През 1993 г. е завършил висшето си образование като магистър по специалността „Електроснабдяване и електрообзавеждане“ в Технически университет-Варна. През 2000 г. е завършил като бакалавър специалността „Икономика и управление на индустрията“ и през 2004 г. като магистър специалността „Бизнес администрация“ в Икономически университет - Варна.

От 1994 г. до 1997 г. работи като ел.монтажор в „Електроразпределение - Варна“ АД. От 1997 г. до 2003 г. работи като Специалист по експлоатация на съоръженията в ЦУ на „Електроразпределение-Варна“ АД. От 2003 г. до 2005 г. работи като Отговорник „Поддържане и експлоатация“ - район Варна към „Електроразпределение - Варна“ АД. От 2005 г. до 2007 г. работи като Ръководител сектор „Техническо проучване, проектиране и картотека“ към НЕК-ЕАД Предприятие „Мрежи високо напрежение“ - Варна. От 01.01 2007 г. до днес работи като Ръководител „Техническо проучване и присъединяване“ в „Електроенергиен Системен Оператор“ ЕАД - Варна.

Маг. инж. Стефан Атанасов Филчев е зачислен от м.октомври 2008 г. в задочна докторантура по специалността „Електроснабдяване и електрообзавеждане“ към катедра „ЕСЕО“ на ТУ –Варна и след това в свободна докторантура във ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“ с научен ръководител проф.д.т.н.Николай Ф. Джагаров. Обучението е извършено по утвърден индивидуален учебен план. В съответствие с него докторантът е положил успешно всички предвидени изпити.

Дисертационният труд съдържа въведение, 4 глави, заключение, публикации по дисертационната работа, приноси в дисертационната работа и литература, изложени

на 178 страници. Той е илюстриран с 122 фигури и графики и 4 таблици. Отделно са дадени 8 броя научни публикации на автора, свързани с дисертацията.

Смятам, че подготовката на докторанта е реализирана в съответствие с действащите нормативни документи в страната и във ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“.

## **2. Тема и актуалност на дисертационния труд**

През 2010 г. Европейската комисия(ЕК) прие икономическата стратегия „Европа 2020“. Един от основните приоритети, залегнали в нея е да се постигне така наречената цел „20/20/20“ по отношение на климата и енергетиката - намаляване на емисиите CO<sub>2</sub> с 20%, увеличаване на дела на възобновяемите енергийни източници (ВЕИ) до 20% и намаляване на консумацията на енергия с 20% в сравнение с нивата от 1990 г..

Използването на ветроенергията, заедно с рационалното използване на енергията е важно за устойчивото развитие и същевременно осигурява постигането на целите за сигурност на енергийните доставки и намалява зависимостта от резки промени на цените на въглеводородите като допринася за намаляване на търговския дисбаланс.

Ветроенергията е атрактивна поради няколко причини. Тя е неизтощим източник на енергия, не води до замърсяване и до климатични аномалии, производството ѝ не е скъпо. Притежава качества, които нито един от традиционните енергийни източници за производство на електричество няма. Експлоатационните разходи, или по-точно липсата на такива за закупуване на горива при производството на енергия, правят вятъра особено привлекателен като енергиен източник.

Масовото усвояване на ветровата енергия с много големи темпове започва през 90-те години на 20 век. Усъвършенстваха се технологиите на използваните ветрогенератори, нараснаха единичните им мощности и размерите им. Инсталираните ветропаркове съставят все по-голяма част от енергийната мощност на отделните държави, достигайки до 20% и повече процента от общата мощност. Заедно с това възникнаха многобройни проблеми от икономическо, екологично, социално и техническо естество.

Основните проблеми обаче са техническите. Основната трудност при това е генерация на качествена електроенергия при променлива скорост на въртене на ветротурбините. Случайният характер на генерация на ветропарковете изисква осигуряване на достатъчно заместващи мощности или акумулиращи мощности, способни да осигурят компенсация на необходимата мощност за товарите. Разположението на ветропарковете е в места с максимална ветрови потенциал, които обикновено са далеч от центровете на максимална консумация. Изменят се потоците мощности в преносните и разпределителните мрежи. Това изисква въвеждането на допълнителни трансформаторни, преносни и разпределителни мощности, които имат висока цена. Възниква необходимост от разработката на нови схеми на оптимално управление на електроенергийната система. Ветропарковете изискват регулируеми компенсатори на реактивна мощност, за да се намалят загубите в мрежата. Възникват проблеми и с осигуряване на устойчивостта на работа на електроенергийната система. Необходима е разработка и внедряване на изисквания за включването и управлението на ветропарковете в електроенергийната система.

Предмети на изследването са: генерацията на ветрова енергия в Североизточна България и качеството на произвежданата електроенергия; техническите загуби при пренос и разпределение на ветровата електроенергия; изискванията към присъединяваните ветропаркове; математическото моделиране на процесите в електроенергийната система, съдържаща ветропаркове с различен тип ветрогенератори, в нормални и аварийни режими на работа; компенсирането на реактивната мощност на ветропарковете и управлението на различен тип компенсатори.

Предлагането на решения по тези въпроси е целта на дисертационния труд. Изложеното до тук потвърждава, че темата е актуална както в научно, така също и в научно-приложно отношение и ще си остане актуална у нас и в глобален мащаб.

### **3. Обзор на цитираната литература, цел и задачи на дисертацията**

Състоянието на проблема и задачите на дисертационния труд са представени в първа глава Обзор на ветроенергетиката. Разгледани са развитието и оценка на ветровите ресурси, класификация на ветровите генератори и проблемите на разпределената генерация.

Анализирани са общо 169 източника, от които 18 на кирилица и 151 на латиница, като по-голямата част от тях са от последните 10 години - от 2005 г. до 2014 г. година включително. От анализа може да се заключи, че авторът познава добре състоянието на проблема като оценява творчески литературния материал. От анализа са направени изводи и е поставена целта и формулирани задачите за постигане на целта на дисертацията.

Цел на дисертацията (според автора):

Изследване и решаване на някои основни технически проблеми, свързани с присъединяването на ветропарковете в енергийната система.

Това предполага решаването на няколко задачи (според автора):

1. Оценка на ветровите ресурси в Европа и България;
2. Класификация и обзор на ветровите генериращите агрегати и системи;
3. Изследване на производството на електроенергия в Североизточна България;
4. Изследване на загубите при пренос и разпределение на електроенергията;
5. Изисквания към ветропарковете за работата им в електроенергийната система;
6. Изследване на качеството на електроенергията, произвеждана от ветрогенераторите;
7. Създаване на математически модели на ветропаркове, съдържащи различни типове ветрогенератори и интегрирани в електроенергийната система;
8. Изследване на автономна работа и работа в енергийна система на ветрогенератори в статични и динамични режими на работа;
9. Компенсация на реактивната мощност;
10. Управление на системни средства, компенсиращи реактивната мощност и подобряващи качеството на генерираната електроенергия.

Целта и конкретизиращите я задачи са правилно формулирани, значими са и съответстват на нивото и изискванията за придобиване на образователна и научна степен „доктор“.

#### **4. Методика на изследване**

При изпълнение на формулираните задачи се използват различни методи за изследване и решаване на проблеми. Информация за произвежданата ветроенергия е получавана от ветропарковете и от Енергийния системен оператор. Качеството на произвежданата електроенергия е оценено с помощта на измервателна апаратура на ветропарковете, Енергийния системен оператор и собствени средства за измерване, съхранение и обработка. Изискванията към присъединяваните ветропаркове са формулирани на базата на събраната информация за тези изисквания (grid code) в страните с най-голям дял на ветроенергетиката. Техническите загуби са оценени с помощта на измервателни прибори с висока точност и методи на изчисление, приети в повечето приложни програмни системи, а разпределението на тези загуби между участниците в енергийния пазар - чрез обобщение на световния опит. Изследването на процесите в електроенергийни системи, съдържащи ветропаркове, е извършено с помощта на математическо моделиране на базата на уравненията на Парк-Горев на електрическите машини. Компенсацията на реактивната мощност се извършва с помощта на паралелни системни средства - статичен напречен компенсатор и статичен синхронен компенсатор. При управлението на компенсаторите се използват идентификационни методи с помощта на наблюдатели, оценяващи параметрите и променливите на идентификационните модели.

За постигане на задачите, поставени в дисертационния труд, се използват следните методи: теоретичен анализ, аналитично моделиране и методи на математическата статистика за обработване на данните. Симулационните изследвания са извършени със софтуерния продукт MATLAB. Използваните методи и средства за решаване на поставените задачи са широко известни и признати от научната общност, те са използвани квалифицирано и коректно, поради което получените в дисертацията научни резултати са достоверни.

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

Приемам претенциите на автора за основните научни, научно-приложни и приложни приноси в представената от него дисертация.

Бих обобщил и подредил приносите в малко по-различен вид и ред (виж по-долу).

##### *Научни приноси*

1. Създадени са математически модели на ветрогенератори с асинхронен генератор с накъсо съединен ротор (АГНСР), с асинхронен генератор с двойно захранване (АГДЗ) и със синхронни генератори с постоянни магнити (СГПМ) без и с демпферни намотки;
2. Създаден е математически модел на ветропарк, съдържащ синхронни генератори с постоянни магнити, който е присъединен към разпределителна мрежа;
3. Създаден е математически модел на ветропарк, съдържащ АГНСР и статичен напречен компенсатор, който е присъединен към Електроенергийна система (ЕЕС);
4. Създаден е математически модел на ветропарк, съдържащ АГНСР и статичен синхронен компенсатор СТАТКОМ с адаптивно управление, който е присъединен към разпределителна мрежа.

5. Създаден е математически модел на офшорен ветропарк, съдържащ АГДЗ, свързан с бреговата електрическа мрежа чрез вставка за постоянен ток;
6. Разработени са адаптивни контролери, управляващи системните компенсиращи устройства във ветропарковете, които повишават устойчивостта на работа на ветропарковете и подобряват качеството на преходните режими.

#### *Научно-приложни приноси*

1. Създадени са математически модели на статичен товар, на активно-индуктивна линия, на ветротурбина и двумасов модел на механичната предавка между ветротурбината и ветрогенератора;
2. С разработените алгоритми и модели са изследвани статичните и динамичните режими и качествените показатели на генерираната електроенергия на ветропаркове, използващи различен тип генератори и компенсиращи устройства;
3. Получените при симулациите резултати показват адекватността и точността на моделите и възможностите им за изследване на такива ветропаркове, за проектиране и настройка на контролерите и за изследване на качеството на електрическата енергия, генерирана от ветропарковете.

#### *Приложни приноси*

1. Направен е обзор на изискванията за присъединяване на ветропарковете към мрежата в различни страни и е предложен Grid code на Енергийния системен оператор;
2. Направен е обзор на методите за оценка на техническите загуби в разпределителната и преносната мрежи, съдържащи ветропаркове. Предложен е метод за разпределение на цената на загубите между участниците на енергийния пазар. Анализирани са възможните методи и технически средства за намаляване на техническите загуби;
3. Събрани са данни за производството на електроенергия от различни ветропаркове, присъединени към разпределителни мрежи средно и високо напрежение. Данните са обработени статистически, като са направени изводи за тяхното използване при прогнозирането и управлението на ветровата генерация;
4. Събрани са данни за качеството на произвежданата електроенергия в различни точки на разпределителната мрежа. Направени са изводи за съответствието му с изискванията;
5. Използването на статични компенсатори с адаптивно управление позволява по оптимален начин да се намалят загубите в разпределителната мрежа.

Според мен приносите на дисертационния труд се заключават в: доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни области, проблеми и теории, получаване и доказване на нови факти и потвърдителни такива и създаване на нови алгоритми, модели, схеми и средства.

## **6. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд**

Списъкът с публикациите на автора по темата на дисертацията включва 8 публикации, четири от които на български език и четири на английски език. Всички публикации са в съавторство, като в една от тях дисертантът е първи автор и в три е на второ място.

Резултатите на дисертационния труд са публикувани в България (3 публикации) и в чужбина (5 публикации). Публикациите са докладвани на „Енергиен Форум”, Варна, 2011 и 2012, 10<sup>th</sup> WSEAS/IASME International Conference on Electric Power Systems, High Voltages, Electric Machines (POWER '10), Iwate Prefectural University, Japan, 2010; 6<sup>th</sup> International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering “Elektroenergetika 2011”, Kosice, Slovak Republic; 6<sup>th</sup> International Workshop on Deregulated Electricity Market Issues in South-Eastern Europe, 2011, Bled, Slovenia; III международная научно-техническая конференция «Электроэнергетика глазами молодёжи», Екатеринбург 2012; 12<sup>th</sup> Electric Power Engineering EPE 2013, Ostrava, Czech Republic.

Следователно може да се счита, че основните резултати и постижения на дисертацията са представени пред нашата и международната научно - технически общности. Една от статиите е реферирана в световните бази научни данни Scopus, British Libray и Compendex, а друга - в базата данни Web of Knowledge.

### **7. Авторство на получените резултати**

Считам, че дисертационният труд и предложените публикации са резултат от работата на докторанта с неговия научен ръководител, а също пропорционално в сътрудничеството със съавторите в съвместните публикации.

Резултатите - взетите изпити и написаният дисертационен труд позволяват да се заключи, че са изпълнени и двете съставки на работата - образователната и научната.

### **8. Автореферат и авторска справка на получените резултати**

Авторефератът е съобразен с общоприетите изисквания за съдържание и обем на такъв документ. Той съответства на структурата на дисертационния труд. Обявени са целта и основните задачи за изследване, включва всички основни анализи, резултати от изследвания и изводи и са дадени научните, научно - приложните и приложните приноси на дисертационния труд. По този начин от автореферата може да се добие достатъчно пълно впечатление за извършената работа от докторанта и за съдържанието на дисертационния труд.

### **9. Използване на резултатите от разработения дисертационен труд в научната и социалната практика**

Авторът на дисертацията работи повече от 20 години в „Електроразпределение-Варна“ АД, което след реорганизацията на българската енергетика носи името „Електроенергиен Системен Оператор“ ЕАД - Варна. През последните години, когато започна широкото навлизане на ветроенергетиката в България, той е отговарял за присъединяването на ветропарковете в Североизточна България към електрическата мрежа. Неговата работа е била свързана с решаването на редица проблеми, възникващи при интеграцията на ветропарковете в енергийната система. В дисертацията се разгледани и разработени част от изброените технически проблеми, които той е трябвало да решава при своята работа в Енергийния системен оператор, Варна.

Разработените алгоритми, модели, схеми и средства и получените резултати от изследванията ще се използват в учебния процес за провеждане на лабораторни упражнения със студентите от електроинженерите специалности. Те могат да се използват за обучение на докторанти и студенти, както и от научни работници и специалисти от практиката.

### **10. Забележки по дисертационния труд**

Дисертацията е написана ясно и оформена много добре. Могат да се направят някои критични бележки от технически характер към оформлението на дисертацията:

- допусната е техническа грешка като в списъка на литературата под номера 11, 12 и 13 е дадена една и съща публикация, но от цитиранията в изложението се разбира, че се имат предвид три различни публикации;

- на някои места в изложението стойностите на променливите и параметрите в относителни единици(о.е.) не са означени по общоприетия начин-стр.112 и стр.160;

- има несъответствие между действителните означения на фигурите с дадените в изложението - фиг.1.11, фиг.1.13 и фиг.1.14;

- има повторения в номерацията на фиг.2.25, фиг.2.26 и фиг.2.27.

Посочените забележки имат главно технически характер и не поставят под съмнение приносите на работата.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Общото впечатление от дисертацията е, че се разглежда цялостно един проблем и се решава комплексно, което е необходимо за една дисертация.

Считам, че поставената в дисертацията цел е постигната, предложеният материал е достатъчен по съдържание, обем и ниво и притежава необходимите научни, научно – приложни и приложни приноси.

Представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, на ППЗРАСРБ и на Критериите за оценяване на приносите в дисертационни трудове за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ на ВВМУ „Никола Й. Вапцаров“ – гр. Варна.

Постигнатите резултати ми дават основание да предложа да бъде придобита образователната и научна степен „доктор“ от маг. инж. Стефан Атанасов Филчев в област на висше образование - Технически науки, професионално направление - Транспорт, корабоплаване и авиация специалност - Електроснабдяване и електрообзавеждане

**Гр. Габрово**  
**26.09.2014 г.**

**РЕЦЕНЗЕНТ:**  
**(проф. д.т.н. Пенчо Владимиров)**