

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Николай Деянов Николаев**
Тема на дисертационния труд: **„Моделиране на влиянието на генератори, използващи възобновяеми енергийни източници, върху режимите на електроенергийната система”**
Научен ръководител: **проф.д.т.н.мат. Крум Костов Герсимов**
Рецензент: **проф.д-р инж. Петко Петров Нотов, ТУ-София; Катедра Електроенергетика**

В последните няколко десетилетия европейските електроенергийни системи претърпяха значително развитие. Този процес се сблъска с все по-нарастващото екологично противопоставяне, особено в регионите (и зоните в тях) с голяма гъстота на населението. Нарастващите по обем мощности, които се произвеждат и пренасят в страните с развита енергетика (към които безспорно се причислява и България), както и енергийните потоци, които се обменят между тях, не можеше вече да се удовлетворяват *безпрепятствено* с изграждането на нови големи енергийни обекти (електропренасания, подстанции, централи и пр.) по екологични и икономически причини. Електроенергийни системи (ЕЕС) и елементите им сега работят все по-близо до техните граници на устойчивост и надеждност. Това поставя под угроза качеството и сигурността на доставките на електрическа енергия и заплашва финансовите интереси (печалбите) на играчите на пазара ѝ. Освен това, отварянето на електроенергийния пазар увеличава преноса на мощности през трети страни, което без съмнение, поражда затруднения с важен ефект върху структурата, управлението на режимите и менижмънта на ЕЕС. Европейската директива *CE 96-92* изисква от страните-членки на УСТЕ-ENTSO-Е независимо ръководство (най-малкото на финансово ниво) на дейностите по генерацията, транспорта и разпределението на електрическа енергия. Това предполага (по презумция и у нас) радикално преобразуване на структурата на енергийните предприятия, с преминаване от традиционните структури с вертикална интеграция на дейностите (монопол върху производството, преноса, разпределението и реализацията на електрическата енергия) към хоризонтална структура, при която *‘трите дейности’* стават административно и икономически независими. При това, ЕЕС си остава единен технологически обект, с йерархично изградена система на оперативно (диспечерско) управление.

Либерализацията в електроенергийния сектор засегна пряко производството на електрическа енергия, като се разреши и се даде

предимствено развитие на децентрализираното й производство, на основата на въвеждането в експлоатация на агрегати за ко-генерация, системи за преобразуване на възобновяеми енергии и неголеми традиционни електроцентрални (предимно ВЕЦ), реализирано от независими производители. Това са т. нар. *Възстановяеми* или *Децентрализирани Енергийни Източници* (ВЕИ или ДЕИ), чието производство за сега не е подчинено на Електроенергийният Оператор, индивидуалното им въвеждане в експлоатация не се планира перспективно, нито актуално се координира тяхното участие в товарния график на системата, но са екологични.

Нараснаха изискванията към качеството на електрическата енергия, особено поради появата на „чувствителни“ потребители.

Кардиналните промени налагат търсенето и намирането на технически и технико-икономически решения на нововъзникналата проблематика и задачи в електроенергийната система (ЕЕС). За да се премине към екологични енергийни технологии и се въведат ефективни модели на либерализирания енергиен пазар са необходими изследвания и политики, стимулирани от т.нар. *Европейски стратегически план за енергийни технологии (European SET Plan)*.

■ Рецензираната дисертационна работа е една от първите у нас, която е посветена на тази *особено актуална проблематика*. Обект на изследванията в нея са ВЕИ, присъединени към ЕЕС, като приоритетно се създават *математични модели* и се анализира чрез тях **влиянето на парковете от фотоелектрични (PhE-) и вятърни електрични генератори (агрегати) върху установените и преходните й режими**.

Очевидна е научната и научно-приложната значимост на очакваните резултати и подчерания научен интерес и приложен интерес с национална значимост от актуалното им прилагане в практиката.

■ Дисертантът познава състоянието на проблематиката и оценява творчески литературния материал по нея. Въз основа на подробен и аналитичен анализ на специализираната литература (37 заглавия на Кирилица и 165 - на Латиница) дисертантът *ясно* е формулирал целта и задачите на дисертационния си труд, като се е спрял върху разработването на следната актуална проблематика, касаеща влиянието на въвеждането в експлоатация на ВЕИ върху установените и преходните режими на ЕЕС:

- Моделиране на режимите на ЕЕС в *трифазни координати* (вместо обичайното *еднолинейно* моделиране) поради настъпилите съществени промени от интегрирането на ВЕИ, генериращи несиметрии и хармоници в трифазната система;
- Разработването на методология и програмното й осигуряване за определяне на *вероятностното потокоразпределение*, съответстващо на реалния характер на генерацията от ВЕИ и товарите в системата;

- Проучване и утвърждаването на възможностите за участие на ВЕИ в регулирането „честота-мощност” в ОЕЕС и в тази връзка, определянето на оптимални настройки на това управление;
- Систематизирано изследване на влиянието на ВЕИ върху установените и преходните режими (къси съединения и електромеханични преходни процеси) в реалната сложна ЕЕС;
- Решаването на частни проблеми, като напр. отчитането на групите на свързване на силовите трансформатори; намирането на подходящи начални приближения и ъгли на изместване при третиране на трифазно потокоразпределение и др.;
- Разработването, валидирането и използването на специализиран програмен комплекс за определяне на режимните параметри в ефективни или в моментни стойности и на тази основа, за анализ на локалното и на глобалното влияние на фотоелектричните и вятърноелектричните паркове за производство на електрическа енергия върху системата.

■ Дисертационната работа съдържа: уводна част; четири глави; заключение и съществени приложения (от 149 до 207 стр.). Работа очевидно е *актуална, многообхватана и съдържателна* от научна и приложна гледна точка. Разработената проблематика определено позволява отговора на поставената цел в рецензирания дисертационен труд; *посочените по-горе задачи са изпълнени*. Това се вижда недвусмислено от резултатите с приносен характер.

Въз основа на литературния анализ на методологията и програмното ѝ осигуряване, в *Глава I* на дисертационния труд е обоснована необходимостта от изграждането на математични модели *в трифазни координати на режимите* на ЕЕС с включени в състава им ВЕИ.

Такива модели за структурните елементи на ЕЕС отнапред са познати. Широко прилаганите конвенционални модели, обаче, са еднолинейни.

В *Глава II* са представени разработените от дисертанта математични модели (с различна степен на прецизност на описанието им) на генериращите агрегати в електрическите централи с ВЕИ и на структурен подход за съставяне на пълен математичен модел на реална ЕЕС с ВЕИ.

Глава III е посветена на разработването на модели в трифазни координати за изчисляването на режимните параметри на установени и характерни електромагнитни и електромеханични преходни процеси в ефективни, както и в *моментни стойности* в реална ЕЕС с ВЕИ. Към този подход е предложен метод за намиране на подходящи начални условия, гарантиращи сходимост на итерациите при прилагането на метода на Нютон – Рафсон, което оценявам като постижение *с научен принос*.

Представени са възможностите на разработената компютърна програма „*Power System Research*” (PSR).

Глава IV има за основна цел изследването на влиянието на ВЕИ върху режимите на ЕЕС. Разработени са два алгоритма за *вероятностно потокоразпределение* в системообразуващата мрежа ВН и в разпределителни мрежи СН, към които обикновено са присъединени ВЕИ: *а/* с използване на размити множества; *б/* с прилагане на метода Монте Карло.

Представяват специален интерес получените резултати от валидирането на моделите на регулирането „честота-мощност”, въпреки пренебрегването на влиянието на АРВ;

Представеното в тази глава е с подчертана *научно-приложна стойност*.

■ Претенциите на докторанта, които приемам, са като следва:

С научен принос – създаването на нови структури в трифазни координати на математични модели на ЕЕС, *с включени в структурата ѝ ВЕИ*, приложими за анализи на характерни електрични режими на ЕЕС с ВЕИ;

С научно-приложен принос – избор на методология и създадените алгоритми за *вероятностно потокоразпределение с отчитане на неопределености*; създадените алгоритми за определяне на влиянието на генерацията на електрична енергия от ВЕИ върху устойчивостта на ЕЕС по ъгли на изместване след малки въздействия; създаване на математични модели за оценка на възможностите за участие на ВЕИ в регулацията „честота-мощност”; моделите на регулирането „честота-мощност”.

С инженерно-приложен принос – създаване, валидиране и използване на *компютърен програмен комплекс „Power System Research”*, който реализира разработените модели в дисертацията.

Приносите са значими. Внедряването им е особено актуално във връзка с осигурените възможности за отстраняването на експлоатационните неблагоприятия, от които се оплакват потребителите на електрическа енергия в Североизточния район и в други райони на България, с въведени в експлоатация крупни паркове от ВЕИ.

■ Приложена е декларация на докторанта за оригиналност и авторство на приносите в дисертационната му работа. Авторът ѝ потвърждава, че носи отговорността за нейното съдържание и декларира, че при никакви обстоятелства претенциите му не може да бъдат приемани като официална позиция на ТУ-Варна и на Европейския Съюз, с чиято подкрепа по ОП „Развитие на човешките ресурси” BG05PO001-3.3.06-0005 е проведена докторантурата му.

Разбира се, задължително е да се отбележи голямата роля на научния ръководител проф.д.т.н. мат. Крум Герасимов, за което заслужено му е изказана благодарност.

■ Публикуваните трудове, свързани с рецензираната дисертационна работа са 9 на брой. Трудовете са публикувани в интервала 2011-2014 г.

Два от тях са публикувани в Годишник на ТУ-Варна (2011г.); един – в сп. Енергетика (2013 г.); два – в Сборник доклади на Трети международен научен конгрес, 50 години ТУ-Варна (2012 г.); два – в Conference Proceeding на Научна конференция, Вроцлав, Полша (2013 г.); един - в Conference Proceeding на Конференция ICEST, Охрид, (2013 г.) и един - в Сборник РЧР (2014 г.).

Не са отбелязани цитирания на тези трудове от наши и чужди автори.

■ Авторефератът е изготвен и представен в съответствие с изискванията. В него достоверно са показани по-подробно изложените в дисертацията основни положения, резултати и авторски претенции за приноси, които приемам.

■ **Мнения, критични бележки и препоръки**

● Препоръчително е:

- да се съпоставят възможностите на разработената програма *Power System Research (PSR)* с тези на програмните комплекси *PSLF* и *EUROSTAG*, с които се разполага в НЕК;
- да се дадат по-подробни обяснителни бележки по някои блокови схеми, напр. по тези на фиг.2.18 и 2.19 и по преодоляване на трудностите с ‘плоския’ старт в 3.13;
- да се отбелязват дименсиите на величините в основните уравнения и изрази; да се отбележат литературните източници към 4.2.2.1;
- не са показани перспективните задачи за изследване. В тази връзка биха били много полезни изследвания върху перспективното развитие на разпределителните мрежи като Smart Grids (“Умни” Мрежи), които ние предпочитаме да наричаме „Активно-адаптивни мрежи (системи)”;
- Изразът, с който се започва 1.1.2.3 е неприемлив;
- Не успях да видя в изложението по-детайлно третиране на сложни повреди и коментар относно резултатите;
- Твърдението, че уравненията на Парк предполагат най-пълно описание на преходните процеси в синхронните и асинхронните машинии, *не е прецизно*; напр., в електромашиностроенето се прилага методът на крайните елементи, при който се използват уравненията на електромагнитното поле (на Максвел); уравненията на Парк, обаче, са достатъчни за целите на електроенергетиката;
- Считаю, че прекия метод на Ляпунов крие възможности, в програмното осигуряване на преходните процеси в разпределителните мрежи с разсредоточени генериращи източници и поради това, не следва да се подценява.

Както се вижда забележките и препоръките ми са от общ характер и в никаква степен не засягат очевидните достоинства на рецензирания дисертационен труд.

■ **Заключение**

Определено считам, че представената дисертационна работа е *актуална, многообхватна и стойностна*. Същата притежава достатъчни научни, научно-приложни и инженерно-приложни приноси.

Изпълнена е и образователната част на аспирантурата. Докторантът притежава много добра езикова, математична и изобщо професионална култура. Правят отлично впечатление компютърните му умения.

От изложението и получените резултати в дисертационния труд, от биографичните данни на докторанта, както и от отзивите на неговите колеги за него, определено признавам качествата му на инженер-изследовател, подготвен да се справя със сложни изследователски задачи, като ги решава самостоятелно, в екип или ръководейки такъв екип. Цялостната му подготовка създава увереност за квалифициран университетски преподавател и изследовател, на когото може да се разчита.

Въз основа на гореказаното, считам че са изпълнени всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав и неговото Приложение и тези които произхождат от Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени в ТУ-Варна.

Предлагам на почетаемото жури да присъди научната и образователна степен „доктор” на маг. инж. Николай Деянов Николаев.

София, май 2014

Рецензент:
(Проф. П.Нотов)