

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на научна степен „Доктор на науките“ в област на висшето образование 5. „Технически науки“, професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“

Автор на дисертационния труд:

доц. д-р инж. Илиян Христов Илиев

Тема на дисертационния труд:

„Оптимизиране на електроенергийната ефективност в режим на понижено натоварване и подобряване качеството и надеждността на електроснабдителните системи“

Рецензент: проф. д.н. инж. Галина Петкова Чернева - ВТУ „Тодор Каблешков“

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение и основания за защитата му

Енергийната ефективност е съществена част от политиката на Европейския съюз (ЕС) в областта на енергетиката, климата и икономическото развитие. Въпросите, свързани с методите, подходите и технологиите за повишаване на енергийната ефективност съответстват на целите и стратегиите на ЕС, свързани с възобновяеми източници, данъчно облагане на енергията, търговията с емисии и т.н. Енергийно ефективните решения следва да се взимат на много нива – при избор на технологии, при внедряване в производство, при ремонт и модернизация на предприятия.

На съвременния етап сме свидетели на динамична промяна на енергийни ресурси, електротехническо обзавеждане и услуги, формиране и реализиране на цената на електрическата енергия (ЕЕ). Иновативните съвременни технологии са свързани с електронизация, въвеждане на нови, по-ефективни задвижвания и управление на процеса на потребление на електроенергия.

Връзката между категориите електроенергийна ефективност (ЕЕЕф) и качество на енергията изисква разглеждане и анализ на множество характеристики, количествени и качествени показатели (големина на реактивната енергия, компенсация на реактивните товари, електромагнитна съвместимост, несинусоидалност и др.). Качеството на електрическа енергия, нейното нормиране, контрол и управление влияят върху устойчивостта и надеждността на електроенергийната система като цяло.

Всички тези въпроси определят проблемното поле на настоящия дисертационен труд. В него са изследвани възможностите за рационализиране на електропотреблението в промишлени обекти, чрез търсене на оптимален баланс между позитивните и отрицателните страни на процеса, свързан с трансфера на електрическа енергия от генериращите източници към потребителите.

Целта на дисертационния труд е да се проучат, систематизират и анализират теоретичните постановки, свързани с концепцията за постигане на ЕЕЕф, като се идентифицират факторите, влияещи върху тази енергетична категория, които да бъдат имплантирани в практично-приложни изследвания, провеждани по различни критерии с целева функция рационализиране и оптимизиране на електропотреблението в отрасловата структура на страната.

За постигане на поставената цел авторът е формулирал *седем задачи*. Те са свързани с изследвания и анализ на факторите, влияещи върху ЕЕЕф, връзката и влиянието и някои енергетични характеристики (загуби на мощност и ел. енергия, качество на ЕЕ, надеждност на електроснабдяване и др.) върху ЕЕЕф, практически изследвания на различни енергетични процеси в електроснабдителните системи (ЕСС) и отражението им върху ефективността и др.

Тематиката е твърде актуална, предвид непрекъснатото увеличаване на разходите за енергия, екологичния отпечатък от ЕЕЕф и необходимостта от икономически целесъобразни режими на работа на ЕСС.

Направените изследвания и предложените нови решения за подобряване на ЕЕЕф определят актуалността на работата в научно и научноприложно отношение.

Формулираните цел и задачи и широката обхватност на разглежданите проблеми съответстват на изискванията за дисертационен труд за придобиване на научна степен „Доктор на науките“.

Представените материали отговарят на Правилника на ЗРАСБ за придобиване на научна степен „доктор на науките“ и показват, че доц. д-р Илиян Илиев е постигнал резултати, които му дават право да поиска да се разкрие процедура за защита на подготвената от него дисертация за присъждане на научната степен.

Дисертационният труд е обсъден и насрочен за защита от разширен семинар на лаборатория „Роботизирани системи в енергетиката“ към Институт по роботика – БАН, като са спазени всички процедурни изисквания.

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

Библиографията на дисертационния труд е съвременна и отразява адекватно актуалното състояние на разглежданата научна проблематика. От дисертацията личи добрата литературна осведоменост на автора. В библиографията са цитирани общо 294 литературни източници, от които 104 на латиница и 190 на кирилица. Може да се направи извод, че доц. д-р Илиян Илиев познава много добре проблемите на електроенергетиката и ЕСС, законодателството и нормативните документи в тази област и методите за оценка на ЕЕЕф.

4. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

Поставената цел и основните задачи на дисертационния труд определят методологията на изследване. За изпълнение на формулираните задачи е проведено обстойно теоретично изследване и е направен сравнителен анализ на различни теории и подходи за оценка на ЕЕЕф.

Използвани са експериментални и симулационни изследвания в среда Matlab-Simulink, в резултат на което са предложени конкретни иновативни технически решения за подобряване на ЕЕЕф. Изследователският процес се базира на прилагане на вероятностно-статистически подходи, иновативни технологични продукти и съвременни аналитични методи.

5. Аналитична характеристика на дисертационния труд.

Трудът е разработен в обем от 340 страници, като съдържа 229 фигури и 102 таблици. Структуриран е в уводна част, четири глави, заключение с основни изводи от дисертационния труд, претенции за приноси на дисертацията, списък на публикации,

свързани с дисертацията и библиографична справка. Всяка глава завършва с основни изводи и резултати.

В *първа глава* е представен общ енергетичен анализ на различните фактори, влияещи върху електроенергийната ефективност в глобален аспект. Анализирани са класически методики и постановки за оценка и качество на ЕЕ, подчертана е неговата органична връзка с компенсация на реактивните товари (КРТ) и въздействието върху ефективното използване на ЕЕ при експлоатация на енергийните съоръжения. Разгледани и систематизирани са количествени и качествени показатели на надеждност на електроснабдяване и е анализирано тяхното влияние върху ЕЕЕф, както и нормативната база в тази област.

На база на задълбочено литературно проучване, са дефинирани нерешените проблеми и целта на настоящия дисертационен труд. В края на главата са формулирани и основните задачи за изпълнение по темата на разработката.

Във *втора глава* е проведено обстойно теоретично изследване на различни постановки, прилагащи диференциран подход за оценка и анализ на различните мощности и загубите на мощност и ЕЕ в ЕСС, което е предпоставка за определяне на ЕЕЕф. Направен е сравнителен анализ на различни мощностни теории. Разработен е комплексен многофакторен подход, с помоща на който се получават математически модели, описващи зависимости между различни показатели и характеристики, свързани с ЕЕЕф, качеството на ЕЕ и електромагнитната съвместимост (ЕМС). Проведено е теоретично изследване за установяване на влиянието на статичните характеристики на товара (СХТ) върху различни експлоатационни параметри. Анализирани са съвременни решения за КРТ на база на гъвкави променливотокови системи (FACTS), а също и перспективното приложение на активни и пасивни филтри за регулиране на процесите с мощните ЕСС. Представен е иновативен подход, базиран на теорията на моментната мощност за векторно представяне на напрежението и тока, като са разработени различни стратегии. Проведено е теоретично изследване върху качеството на ЕЕ, ЕМС и ЕЕЕф и е доказано, че източниците на електромагнитни смущения в подстанциите предизвикват съществено влошаване на качеството на ЕЕ, ЕМС и ЕЕЕф.

В *трета глава* са анализирани резултати от проведено изследване в 167 промишлени предприятия, групирани в 9 отрасли, и е установена зависимостта на специфичния разход на ЕЕ от режима на напрежение, нивата на КРТ и натоварването (β). Дадени са препоръки за намаляване на специфичния разход на ЕЕ в режим на понижено натоварване ($\beta=0,16\div0,58$). Извършено е моделиране на загубите на активна мощност в многофакторно пространство. На базата на експертен анализ са определени четири стратегически значими съществени фактори от режимен и схемотехнически характер. Моделирано и анализирано е "балансовото уравнение на мощността" (δP^*) в отрасловата структура на страната. Разработена е методика за постигане на висока ЕЕЕф в ЕСС на съответните отрасли. Представено е оригинално техническо решение за оптимизиране на режима на работа на силовия трансформатор (СТ) в четири трансформаторни подстанции.

В *четвърта глава* са приложени различни оптимизационни процедури по различни критерии за постигане на висока ЕЕЕф в отрасловата структура на страната и за различни промишлени обекти. Постигнато е оптимално разпределение и разположение на компенсиращите мощности Q_k по критерий минимум на приведени годишни разходи (ПГР). Методиката е апробирана в 44 промишлени обекта, за които са построени три типа ограничителни криви. За седем отрасли от промишлеността са определени характерни енергетични показатели и е изчислена годишната икономия на ЕЕ за различни нива на $\cos\phi$. Проведен е изследователски процес за установяване на

възможността за повишаване на ЕЕЕф чрез подобряване на качеството на ЕЕ. За обекти от електротехническата промишленост, металургичната промишленост и от добивната и циментовата промишленост са изследвани различни характеристики, отразяващи корелационните връзки между ЕЕЕф и качеството на ЕЕ. Представени са прогнозни показатели на надеждността за девет отрасли на промишлеността, като са предложени възможности за тяхното подобряване. Проведено е изследване и е дадена количествена оценка на надеждността на електроснабдяване за мощни промишлени обекти.

6. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд

Основните приноси на представената цялостна разработка в дисертацията могат да се обобщят в следното:

- доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми;

- създаване на нови методи и технологии;

- получаване и доказване на нови и потвърдителни факти.

Авторът формулира 2 научни и 7 научно-приложни приноси, които аз приемам.

Научните приноси се отнасят до:

- формулиране на енергетичната категория "Електроенергийна ефективност" чрез разработена методика в многофакторно пространство за определяне на математични модели на различни изходни параметри и тяхното оптимизиране;

- предложен научно-обоснован теоретичен модел за определяне баланса на мощността в дадена точка от ЕСС, чрез който се дефинира т.н. "балансово уравнение на мощността (δP^*), представляващо съвкупност от различни енергетични показатели, обединени от обща цел;

- формулирана и решена оптимизационна задача от вида $\delta P^* < 0$ и анализирано въздействието на различни енергетични показатели върху ЕЕЕф;

Като обобщение на *научно-приложните* приноси може да се посочи:

- доказана е целесъобразността електрообзавеждането в ЕСС да работи при нива на напрежението по-ниски от номиналните, регламентирани в стандарта;

- разработени математични модели на статичните характеристики на товара за оценка на качеството на електрическата енергия;

- предложен подход и разработена методика на база на теорията на моментната активна мощност за определяне на парциалните загуби на мощност;

- разработена нова концепция за оценка на несиметричните и несинусоидални режими чрез притеглени по отношение на мощността коефициенти на дисбаланс и нелинейност;

- разработени подходи за оценка на резонансните явления в ЕСС с отчитане влиянието на натоварването;

- доказана корелационна връзка на надеждността на електроснабдяване с режимните характеристики на електроснабдяването и по специално с КРТ и качеството на ЕЕ;

- получени и анализирани прогнозни резултати за показателите на надеждност в 9 отрасли от индустрията.

Получените резултати представляват оригинален принос в науката и практиката и напълно съответстват на изискванията за дисертационен труд за придобиване на научна степен „Доктор на науките“.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

По темата на дисертацията са приложени 12 публикации. 4 от тях са представени на конференции с международно участие у нас и в чужбина, индексирани в Scopus. Една от публикациите е самостоятелна, останалите в съавторство, като на 3 публикации доц. д-р инж. Илиян Илиев е първи автор.

Изпълнението на основните показатели за области 5. „Технически науки“ са дадени в представената по-долу таблица 1. Представените доказателства сочат, че доц. д-р Илиев надвишава (399,01 точки) националните изисквания (350 точки) за придобиване на научната степен „доктор на науките“ в професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматизация“.

Таблица 1

Група показатели	Минимален брой точки	Брой точки на кандидата	Брой точки по основни показатели от група
А	50	50	Диплома № 21/14.10.2014г. - 50
Б	100	100	
В	-	-	
Г	100	110,01	Г7. Научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация - 46,6
			Г8. Научни публикации в нереферирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни томове - 63,35
Д	100	139	Д12. Цитирания в научни издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни - 40
			Д14. Цитирания или рецензии в нереферирани списания с научно рецензиране - 99
Общо	350	399,01	

Всички публикации са с теоретично и приложно значение, свързани с проблематиката на дисертацията, а резултатите са достояние на научната общност у нас и в чужбина.

Освен представеното в табл.1, доц. д-р Илиев е автор на 7 броя монографии – 4 бр. самостоятелни и 3 броя в съавторство и участник в работните колективи на 10 научноизследователски проекти.

8. Оценка на степента на лично участие на автора в приносите.

Въз основа на представените изследвания, задълбочен анализ на резултатите, авторството на публикациите по дисертацията и цялостната дейност на доц.д-р инж.

Илиян Илиев, считам, че тя е самостоятелно дело на дисертанта.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му.

Авторефератът пълно и ясно отразява основните моменти от съдържанието на дисертационния труд, което позволява да се преценят актуалността на разглежданите проблеми, начините за тяхното решаване и получените резултати. Написан е в съответствие със съществуващите изисквания.

10. Приложимост на резултатите от ДТ.

Направените аналитични и експериментални изследвания и получените резултати показват, че предложените оригинални подходи и разработените методики дават възможност за анализ и решаване на конкретни проблемни задачи в областта на енергийната ефективност на ЕЕС. Проведените изследвания, създадените продукти и получените резултати, според мен, ще имат голямо приложение в областта на електроенергетиката.

Потвърждение за актуалността на получените резултати са общо 139 точки по показател Д.

Смятам, че предложеният дисертационен труд представлява една задълбочена научно-изследователска разработка с висока степен на актуалност. Степента на приложимост на получените резултати е висока.

11. Критични бележки и препоръки.

Дисертацията представлява обширен научен труд по изследваната проблематика. Тя е структурирана добре и прегледно. Дисертантът е извършил сериозна по обем научно-изследователска работа, съдържаща както експериментална, така и аналитична част. Нямам критични бележки.

Препоръката ми към доц. д-р Илиев е да продължи успешната си научноизследователска дейност в областта на енергийната ефективност на ЕЕС.

12. Заключение

Представеният от доц. д-р инж. Илиян Илиев дисертационен труд съдържа аналитични и експериментални резултати, чрез които са решени поставените в него задачи. Налице са достатъчно научно-приложни и приложни приноси, които покриват изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за неговото приложение за присъждане на научна степен «Доктор на науките».

Предлагам на уважаемите членове на Научното жури да дадат висока оценка и гласуват за присъждането на доц. д-р инж. Илиян Христов Илиев на научна степен «Доктор на науките» в област на висшето образование 5. „Технически науки”, професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика”.

Дата: 02.06.2025

Рецензент:...../

/ проф. дн инж. Г. Чернева/