



РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „Доктор” в област на висше образование 5. „Технически науки”, професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика”, докторска програма „Елементи и устройства на автоматиката и изчислителната техника“.

Автор на дисертационния труд: **Маг. инж. Петър Иванов Петров**

Тема на дисертационния труд: **„Влияние на натоварването върху реактивната мощност при несиметрични и несинусоидални режими”**

Рецензент: **проф. д-р Сия Вълчева Лозанова, ИР-БАН**

член на научно жури, съгл. заповед № 78/16.07.2025 на Директора на ИР-БАН

1. Данни за докторанта

Маг. инж. Петър Петров завършва висшето си образование с ОКС „Магистър“ по специалност “Електронна техника” в РУ „Ангел Кънчев”-Русе. Зачислен е в свободна докторантура по програма „Елементи и устройства на автоматиката и изчислителната техника”, професионално направление 5.2 Електротехника, електроника и автоматика в секция "Роботика в енергетиката" към Института по Роботика - БАН. От 2024г. досега е асистент към същата секция.

Ас. Петър Петров е изпълнил всички изисквания от индивидуалния план на своята докторантура и е положил успешно всички необходими изпити.

Процедурата по публична защита на дисертационния му труд е стартирана по предложение на секция "Роботика в енергетиката" и с решение на Научния съвет на ИР-БАН.

Съгласно представената „Справка за изпълнението на минималните изисквания за Доктор по съответното научно направление“ от кандидата, съгласно изискванията на БАН, е видно, че той има 216 точки при изискуем минимум от 200 точки. Ето защо се покриват наукометричните изисквания за степента „Доктор“.

2. Актуалност на дисертационния труд, проблематика

В дисертацията са разгледани основните конвенционални и високотехнологични методи за компенсация на реактивните товари в промишлени обекти. Потреблението на реактивна мощност характеризира натоварването на елементите от електроснабдителните системи (ЕСС), свързано с неактивния характер на потребителите, при което отсъства полезна трансформация на един вид енергия в друг. Компенсиращите системи оказват пряко влияние върху показателите за качество на електрическата енергия (ЕЕ). Контролът на потоците на реактивна мощност и в частност компенсацията на реактивните товари е основен способ за икономия на ЕЕ и постигане на качествено и надеждно електроснабдяване. Авторът е разгледал критично класически и съвременни теоретични подходи за изследване и анализ на методите за компенсация на реактивните товари. Обсъдени са методичните указания за изчисляване и синтезиране на схемотехнически постановки за прилагане на филтрокомпенсиращи устройства от пасивен и активен тип. Представените постановки имат за цел да характеризират и изяснят положителните аспекти и недостатъците в прилагане на по-сложни и неспецифични подходи за компенсация на реактивните товари (КРТ) при съществуващото голямо разнообразие от потребители в ЕСС. Представени са експериментални изследвания за компенсацията на реактивните товари при нелинейно и несиметрично натоварване в реални обекти. На базата на съществуващи разработки е предложена методология на изследователския процес при КРТ по критерий „Електроенергийна ефективност“. Показано е практическо приложение за оптимизиране на КРТ с използване на кондензаторни батерии, дросели и синхронни двигатели. Описан е подход за КРТ чрез управление на компенсиращите мощности по критерий „Посока и големина на реактивната мощност“, прилагане на антирезонансни защиты, внедряване на последователни активни филтри и изграждане на SCADA за мониторинг, контрол и управление на електроенергийните процеси. Методологията показва висока технико-икономическа ефективност. Всичко това, според мен, мотивира актуалността на дисертационната тема и нейната практическа насоченост.

3. Ниво на познаване състоянието на проблематиката и критични аспекти на литературния материал

От дисертационното повествование личи добрата литературна осведоменост на докторанта. В библиографията са цитирани 129 литературни източници, от които 45 са на латиница. Както на базата на първа глава, така и

останалите три глави от дисертацията, в които се привеждат и обсъждат резултати, може да се направи извод, че маг.инж. Петър Петров е запознат много добре с разглежданата проблематика. На основата на критична оценка на литературния материал по темата, докторантът обстойно анализира съществуващите проблеми. Формулирана е следната основна цел на изследването: Да се анализират процесите на компенсация на реактивните товари в нелинейни режими в зависимост от натоварването като се приложат иновативни изчислителни и технологични методи.

За постигане на тази цел са поставени за решаване следните логически свързани задачи:

1. Да се извърши компенсация на реактивните товари и интерпретират експлоатационните им особености, прилагайки високо-технологични решения за компенсация на реактивните товари с приложимост в промишлени обекти;

2. Да се синтезират нови теоретични постановки за изследване, анализ и приложение на методите за компенсация на реактивните товари с практическа насоченост;

3. Да се изследва компенсацията на реактивните товари при нелинейно и несиметрично натоварване с използване на синтезирана методика, апробирана в подходящ за изследване обект;

4. Да се оптимизира компенсацията на реактивните товари в голям промишлен обект с използване на синхронни двигатели и кондензаторни батерии, чрез решаване на оптимизационна задача по критерии „Минимум на приведените годишни разходи“ и се докаже електроенергийната ефективност на технологичното решение.

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

В съответствие с поставената цел и задачи, в дисертационния труд е извършена оптимизация на КРТ в ЕСС на мощен промишлен обект. За целта е проведен задълбочен анализ на схемотехническите особености на обекта, даващ възможност за създаване на адекватна концепция на оптимизационния процес. Анализът на натоварването е направен в денонощен и месечен план, като са определени характеристикните коефициенти за четири значими звена на ЕСС.

Анализирана е работата и параметрите на основните съоръжения в обекта – източници на реактивна мощност (синхронни двигатели, силови

трансформатори, кабелни линии, асинхронни двигатели, кондензаторни батерии). Направена е количествена оценка на генерираната реактивна мощност, а също така са определени и активните загуби при трансфера на реактивна енергия.

Дефинирана е оптимизационна задача по критерий „Минимум на приведените годишни разходи“ и четири ограничителни условия. Екстремума на целевата функция е определен с помощта на метода на Лагранж. Синтезираната методология за оптимизиране на реактивните мощности е в максимална степен адаптирана към възможностите на схемотехническите дадености на обекта и е пригодена за едновременно използване на СД и КБ при провеждане на КРТ.

5. Аналитична характеристика на дисертационния труд

Трудът е разработен в обем от 129 страници, като съдържа 104 фигури и 38 таблици. Структурата му включва увод, списък на използваните означения, четири глави, общи изводи след всяка глава, общи изводи на разработката, приноси на труда, използвана литература и списък на публикациите.

В *първа глава* са разгледани конвенционални методи за компенсация на реактивните товари. Изброени са неблагоприятни положения от нисък $\cos \varphi$, което налага в електроснабдителната система на промишлените предприятия да се прилагат мероприятия за подобряване на $\cos \varphi$. Тези дейности трябва да се провеждат в две насоки – подобряване на $\cos \varphi$ без компенсиращи устройства (естествени методи) и подобряване на $\cos \varphi$ с помощта на компенсиращи устройства. Формулирани са целта и задачите на дисертационния труд.

Във *втора глава* е разработена теоретична постановка за определяне ефективните стойности на някои електротехнически параметри, свързани с компенсация на реактивните товари. Направен е комплексен подход на методите за компенсация на реактивните товари в електроснабдителните системи на промишлени обекти. Развит е енергетичен подход при оценка на деформацията и дебаланса на токовете и напреженията в електроснабдителните системи, свързан с компенсация на реактивните товари.

В *трета глава* са изследвани компенсацията на реактивните товари при нелинейно и несиметрично натоварване в реални обекти. Разработена е методология при компенсацията на реактивните товари по критерий „Електроенергийна ефективност“. Определен е коефициентът на дефектност

и на трифазни, притегареми по отношение на мощностните показатели във връзка с компенсацията на реактивните товари.

В четвърта глава са анализирани възможностите за оптимизиране на компенсацията на реактивните товари с използване на синхронен двигател и кондензаторна батерия. Определено е натоварването на електроснабдителната система на изследвания обект, както и кабелните линии за средно напрежение.

6. Научни и научноприложни приноси на дисертационния труд

Според мен в материала се съдържат най-общо 2 научни и 3 научно - приложни приноса. Те могат да се обобщят като: създаване на нови методи и технологии, получаване и доказване на нови факти. Моята оценка на тези резултати е както следва:

Научни приноси:

1. Формулирана е иновативна теоретична постановка по критерия “Електроенергийна ефективност” с прилагане на диференциран подход за определяне на съставлящите на активните загуби от неактивните субстанции на мощността (N , S_o и D). Апробирана е методика в мощен обект при изследване ефективността на компенсация на реактивните товари (КРТ).

2. Синтезирана е методическа постановка за определяне на трифазни, претеглени спрямо мощността показатели, които с висока степен на адекватност, достоверност и тъждественост се използват при изчисляване на фактора на мощността PF и при режим на претоварване.

Научно - приложните приноси се отнасят до:

3. Представени са практично-приложни постановки за мощни популярни потребители (електродъгови пещи, промишлени електронни преобразуватели, прокатни станове, потребители от трети клас по отношение на електромагнитната съвместимост), внасящи съществени смущения в електроснабдителните системи на промишлените обекти. Анализирана е вероятността за настъпване на резонансни явления в процес потискането им.

4. Установена е еквивалентност при реализиране на различните режими и условията на натоварването. Установено е, че коефициентът на допълнителни загуби при несиметрични и несинусоидални режими при понижено натоварване е с около 20% по-висок от този при нормално натоварване

5. Проведена е оптимизация на електропотреблението на мощен промишлен обект от химическата промишленост по критерий “Минимум на приведените годишни разходи” като е реализирано техническо решение на със синхронни двигатели и кондензаторна батерия. Решението е приложено на две нива – средно и ниско напрежение. Оптимизационната задача дава възможност да се определи броя и мощността на синхронни двигатели и да се прогнозира в каква степен е икономически целесъобразно използването на кондензаторна батерия.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Резултатите от дисертацията се съдържат в 5 публикации. Те са докладвани на националната конференция „Енергиен форум“, Варна. Едната публикация е самостоятелна, а останалите са в съавторство с неговия научен ръководител.

Очевидно е, че резултатите от работата по дисертацията са станали достояние на научната общност.

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

Въз основа на представените изследвания и авторството на публикациите по дисертацията, считам, че тя е самостоятелно дело на докторанта, реализирано с помощта на научния ръководител.

9. За автореферата

Авторефератът пълно и ясно отразява основните резултати от съдържанието и приносите на дисертационния труд. Спазени са изискванията за изготвяне на авторефератите по дисертационните трудове.

10. Мнения, препоръки и бележки.

Дисертацията представлява обширен и добре структуриран научен труд по изследваната проблематика. Обаче, изводите са прекомерно дълги и често отсъства точна и ясна формулировка на постигнатите резултати. Не са достатъчно добре маркирани научните и приложните резултати, въпреки че в дисертацията те са изложени и аргументирани. Освен това отсъстват текстове на част от фигурните илюстрации, например 1.6, 1.7, от 1.10 до 1.14, и др.

Препоръчвам на докторанта да продължи изследванията си в тази важна за практиката област и да има повече самостоятелни публикации.

11. Заключение

Дисертационният труд на маг.инж. Петър Иванов Петров съдържа аналитични и симулационни резултати, чрез които са решени поставените задачи. Общата ми оценка е положителна. Налице са достатъчно приноси, които покриват изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за неговото приложение и Правилника за развитие на академичния състав на ИР- БАН, за присъждане на образователната и научна степен „Доктор“.

Въз основа на изложеното предлагам на Научното жури да присъди на **маг.инж. Петър Иванов Петров** образователна и научна степен „Доктор“ в област на висшето образование 5. „Технически науки“, професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“, докторска програма „Елементи и устройства на автоматиката и изчислителната техника“.

15.09.2025г.

Рецензент:.....

/Проф. д-р Сия Лозанова/