

РЕЦЕНЗИЯ

**на дисертационен труд
за придобиване на образователната и научна степен „Доктор” в**

**област на висше образование – 5. Технически науки
професионално направление – 5.2 Електротехника, електроника и
автоматика**

докторска програма – „Индустриална електроника”

Автор: маг. инж. Валери Петков Петков

**Тема: Разработване и изследване на системи за безконтактно предаване на
електрическа енергия с ротационно движение**

Рецензент: проф. д-р Анатолий Трифонов Александров – ТУ-Габрово

1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Безконтактното предаване на електрическа енергия намира все по-широко приложение в битата, индустрията, промишлеността и транспорта. Развитието на това актуално направление се подпомага от усъвършенстването на технологиите за производство на силови полупроводникови активни и пасивни електронни елементи, оптимизирането на работните режими на ключови активни елементи и синтезирането на нови феромагнитни материали със значително по-атрактивни стойности на масогабаритните и ценови показатели.

Безконтактните предаватели на електрическа енергия (БПЕ) притежават редица предимства като липса на подвижни електрически контакти и на съпроводените с тях проблеми - искрене, износване, деформация и др., голяма гъвкавост и свобода на движение на захранващите кабели. Те са в основата на модернизиранията на автоматизираните системи, позволявайки захранване на консуматори, извършващи линейно и/или ротационно движение. Безконтактните предаватели на електрическа енергия намират приложение при висока скорост на движение във влажна, взривоопасна и химически активна среда, където използването на открити плъзгащи контакти и кабелни връзки е невъзможно. Наличието на БПЕ увеличава надеждността и същевременно намалява разходите за поддръжка.

Целта на дисертационния труд е синтезиране, проектиране и изследване на ротационни системи за безконтактно предаване на електрическа енергия и разработване на методи и схемотехнични решения за увеличаване на въздушната междина при запазване на висока ефективност. В тази връзка темата на дисертационния труд определено е актуална и важна не само за теорията, но и за инженерната практика.

2. Обзор на цитираната литература

В представения дисертационен труд са посочени 125 литературни източника, които са използвани за оценка на състоянието на проблема. От тях 21 са на кирилица и 104 – на латиница, 14 са интернет адреси. Седемдесет и седем от печатните литературни източници са публикувани след 2009 година.

В дисертационния труд са разгледани контактните методи за предаване на енергия между ротиращи обекти. Предложена е класификация на разпространените видове ротационни контактни предаватели. Направен е преглед на видовете безконтактни методи за предаване на енергия. Представени са техните области на приложение и конструктивни варианти за реализация на ротационни предаватели. Разгледани са индуктивните БПЕ. Направена е класификация на видовете системи и са определени областите на приложението им, като специално внимание е отделено на ротационните БПЕ. На база на проведено проучване и анализ на разпространените ротационни системи са представени основните функционални модули, постижения и изисквания към подобен вид предаватели. Разгледани са основните видове конфигурации на ротационни безконтактни трансформатори. Конкретизирани са проблемите и насоките за оптимизиране на системите. Формулирани са целта и задачите на дисертационния труд.

Литературният обзор е в областта на изследваната тематика и показва, че маг. инж. Валери Петков познава много добре състоянието на проблема в теоретично и практическо отношение. Дисертантът притежава възможности за използване на постиженията в изследваната област и за прилагане на собствен опит при решаване на поставените задачи.

3. Методика на изследване

При разработването на дисертационния труд са използвани съвременни подходи, материали и инструментариум. Избрани са подходящи методи за изследване, съответстващи на формулираните цел и задачи на дисертационния труд. Маг. инж. Валери Петков е построил методически правилно своята дисертация.

В Глава втора е направен аналитичен електрически и електромагнитен анализ на ротационни безконтактни предаватели. Изведени са основните математически зависимости, описващи магнитното поле и неговите характеристики. Анализирани са загубите в магнитопровода от хистерезис, вихрови токове и разсейване на магнитното поле. Синтезиран е адекватен модел на ротационен трансформатор. Представени са разпределението на електромагнитното поле при различни конфигурации на магнитопроводите (радиална, аксиална, коаксиално-радиална, коаксиално-аксиална) и анализ на предавателната и приемната намотка. Определени са допълнителни параметри, оценяващи качествени показатели на намотките (температурен коефициент на устойчивост, индуктивност на разсейване, устойчивост на конструктивната константа на магнитопровода), загубите в намотките от постоянен и променлив ток, изчислена е ефективността на ротационния трансформатор. Анализирани са геометричните конфигурации на намотките на ротационните предаватели и са показани характеристиките на различни видове планарни намотки.

В Глава трета е проектиран безконтактен ротационен трансформатор. Формулирани са параметрите на ротационния трансформатор. Определени са сечението на магнитопровода, броят на навивките на предавателя и на

приемника, сечението на проводника и оптималното запълване на обема на магнитопровода. Направено е сравнение между различните конфигурации на намотките. Експериментално е определен коефициентът на магнитна връзка. Компенсирана е индуктивността на предавателната и приемната намотка чрез последователна и паралелна компенсация. Извършени са компютърни симулации чрез софтуерен продукт LTspice за изясняване на електромагнитните процеси, характеризиращи даден вид компенсация. Разработена е система за управление на основата на PLL регулатор, поддържащ безконтактния предавател в резонанс. Формулирани са особеностите при проектиране на основните блокове. Синтезирана е пълна принципна схема, на база която е разработен прототип на високочестотен преобразовател за БПЕ с PLL управление.

В Глава четвърта са представени методи и средства за подобряване на електромагнитните параметри на ротационен БПЕ. Предложени са конструктивни решения за увеличаване на въздушната междина между предавателната и приемната част. Синтезирани са ротационни предаватели на енергия с подобрен коефициент на магнитна връзка. Предложен е подход за увеличаване на въздушната междина чрез използване на пасивен електромагнитен LC резонансен кръг. Изследвано е влиянието на материала на шасито върху параметрите на ротационния трансформатор. Проведени са температурен анализ и изследване на електромагнитното излъчване. Разгледан е трансфер на енергия и информационни сигнали между предавател и приемник и е изследвано влиянието на скоростта на ротация върху трансфера на енергия.

Представен е метод за едновременно предаване на информационни сигнали и енергия през намотките на ротационния трансформатор, като са описани два типа комуникационни системи – еднопосочни и двупосочни. Разработен е прототип за еднопосочна комуникация и е доказана възможността за предаване на основни управляващи сигнали през ротационен трансформатор.

Представените в дисертационния труд резултати показват, че докторантът владее математическия апарат на моделирането, може да решава самостоятелно инженерни задачи и да провежда експериментална работа.

4. Приноси на дисертационния труд

Приемам формулираните от докторанта приноси по съдържание, но считам, че те се нуждаят от преработка по отношение на тяхното формулиране. Основните приноси на дисертационния труд могат да се отнесат към доказване с нови средства на съществени нови страни на вече съществуващи научни области, проблеми, теории, хипотези и са:

1. Разработен е алгоритъм за анализ на ротационен трансформатор, отчитащ особеностите на съставния магнитопровод, конфигурацията на намотките, взаимното разположение на предавателния и приемния модул и тяхното съгласуване и са представени компютърни симулационни модели.

2. Синтезирана е методика за проектиране на ротационна система за безконтактно предаване на енергия и са разработени конструктивни решения за подобряване на коефициента на магнитна връзка.

3. Разработено е технологично решение за увеличаване на въздушната междина при системите за БПЕ чрез използване на пасивен резонансен LC кръг.

4. Проектирана е PLL система за управление на високочестотен инвертор, осигуряваща ефективно съгласуване между предавателната и приемната част.

5. Разработена е и е внедрена система за комуникация, осигуряваща съвместно предаване на енергия и данни през предавателната и приемната намотка.

Постигнатите резултати в дисертационния труд са използвани при проектирането на ротираща делителна платформа за високотехнологична машина, произвеждаща ламинатни туби.

5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

Във връзка с дисертационния труд са представени 13 публикации, от които 1 е самостоятелна, а останалите са в съавторство с научния ръководител на докторанта. Публикациите са в периода 2015-2018 година, като 7 от тях са доклади в международни научни конференции (International Scientific Conference PCIM 2016, PCIM 2018; International Scientific Conference UNITECH'16 – 2 бр., UNITECH'15 – 2 бр. ; 26th International Scientific Conference Electronics, ET 2017), а шест са статии в списания (Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences; Acta Technica CSAV; Electrotechnica & Electronica E+E; Journal of the Technical University of Gabrovo, 2018 – 2 бр.; Journal of the Technical University of Gabrovo, 2016). Представени са и две цитирания на една от публикациите на маг. инж. Валери Петков. Четири от статиите са реферирани в Scopus, а 1 статия е с импакт фактор (h-index: 1).

Считам, че резултатите от работата по дисертационния труд са станали достояние на българската и на международната научна общност.

6. Авторство на получените резултати

Считам, че постигнатите резултати са лично дело на докторанта под научното и методическото ръководство на неговия ръководител. Доказателство за това са публикациите на докторанта.

7. Забележки и въпроси по дисертационния труд

Към дисертационния труд могат да се направят следните препоръки, забележки и въпроси:

1. Необходимо е да се обобщят и систематизират задачите на дисертационния труд.
2. Необходимо е да се обобщят и систематизират приносите на дисертационния труд;
3. При анализ на ротационния трансформатор трябва по-ясно да се покаже личният принос на докторанта.

4. Посоченият пример в Глава първа, който показва приложението на ротационните трансформатори за военни цели, няма реално значение за дисертационния труд;
5. Някои от формулите, които са в комплексен вид, не са записани коректно.
6. Представеното Ръководство за лабораторни упражнения в списъка на публикациите не е свързано с дисертационния труд.
7. Къде може да намери приложение предаването на мощност на големи разстояния?
8. Каква е повтаряемостта на резултатите при проведените изследвания?
9. Каква е достоверността на проведените компютърни симулации, представени в Глава трета.

8. Заключение

Оценката ми за представения дисертационен труд е положителна. Считам, че дисертационният труд отговаря на изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България, Правилника за неговото прилагане, както и на Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в Технически университет – Габрово.

Постигнатите резултати ми дават основание да предложа да бъде придобита образователната и научна степен „Доктор” от маг. инж. Валери Петков, в област на висше образование - 5. Технически науки, професионално направление - 5.2 Електротехника, електроника и автоматика, докторска програма - „Индустриална електроника”.

23.07.2019 г.

Подпис: /п/
/проф. д-р А. Александров/