

РЕЦЕНЗИЯ

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

с автор: Даниела Жекова Марева
на тема **„Инвертор за индукционно нагряване на флуиди“**

Рецензент: Петър Трифонов Горанов, доктор, професор

Дисертационният труд е в обем 186 страници текст, схеми, таблици, времедиаграми, резултати от симулации, използвана литература. Разделен е на увод и 4 глави. Включено е и приложение, обобщаващо експерименталната работа, списък на публикации (общи и по темата) и договори по темата. Библиографската справка съдържа 159 заглавия.

В работата подробно се разглежда и изследва система за косвено индукционно нагряване на вода, съдържаща резонансен транзисторен преобразувател и специализиран индуктор. Разгледани са различни варианти на съставлящите основни елементи, изследвана е ефективността им.

Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение

Съществени акценти на съвременното развитие са в посока на създаване на високоефективни технологии, намаляване на енергийните разходи, повишаване на качеството на консумираната електроенергия. Реализацията на високоефективни устройства, каквато е целта на предложения дисертационен труд, използвани в индустрията и бита, е несъмнено актуална и универсална задача. Разработването на такова специализирано устройство изисква задълбочен анализ, основа за прецизно проектиране, позволяващо качествена приложна реализация на проведените изследвания.

Актуалността на решенията е в посока на съобразяването на възможностите и режимите на работа на силови електронни преобразуватели с конкретно приложно решение и товар със специфични характеристики.

Познаване на състоянието на проблема

Авторът се е запознал с литературните изследвания по разглежданата тема, което е отразено в първата глава на труда. Дисертантът правилно е анализирал и използвал данните от литературата, пропуските и непълните изследвания. На тази база е направил предложения за допълване на методики за проектиране, въведени са някои коригиращи коефициенти.

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

От методична гледна точка изследванията са проведени правилно – на основата на добро познаване на съвременното състояние на силовите електронни преобразуватели е избрана подходяща схема, която е подробно изследвана и проектирана. Използван е методът на симулационното изследване. Направена е проверка по най-верния критерий – приложна реализация на устройство за индукционно нагряване на вода със съответните схеми за управление и регулиране, които повишават качеството и надеждността му.

Характеристика и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

В първа глава са разгледани принципите на индукционното нагряване, основни физични зависимости, ефекти и параметри. Предложени са подробни класификационни признаци. Разгледани са различни конструктивни варианти на индуктори за нагряване на вода, начини на свързване, предимства и недостатъци. Направен е подробен преглед на схеми на резонансни инвертори – еднотактни, двутактни, полумостови, мостови.

Детайлно разглеждане на индуктори за индукционно нагряване е направено във втора глава. Даден е ред за проектиране в съответствие с избрано приложение, еквивалентна заместваща схема, изчисляване на елементите ѝ, взаимовръзка между електрически и конструктивни параметри.

В трета глава е направено сравнение на схеми на резонансни инвертори за индукционно нагряване. Проведени са симулационни изследвания, анализирано е влиянието на изменението на някои схемни параметри – честота, коефициент на запълване, резонансни елементи, показани са графични резултати за изходна мощност, ток през транзистори и товара, ефективност. Избрана е мостова схема с частично компенсирание на индуктора, предложен е ред за проектиране, симулационни резултати.

В четвърта глава са разгледани начините за регулиране на изходната мощност на инвертора – чрез промяна на работната честота, на захранващото напрежение, параметрично или с използване на време-импулсно регулиране. Приложени са комплект графични резултати. Показани са резултати от експериментално изследване на разработен лабораторен макет за индукционно нагряване на вода.

В приложение е описан реализирания преобразувател за индукционно нагряване на вода със захранващия му блок, схема за управление, импулсни усилватели, индуктор с избраната конфигурация.

Приноси на дисертационния труд

Приносите на дисертационния труд оценявам като приложни. Те обогатяват приложните знания, свързани с технологичното използване на силови електронни преобразуватели на енергия.

Избрана е схема на резонансен инвертор и конфигурация на свързване на товара, водеща до лесно съгласуване на товарните с параметрите на резонансния инвертор. Схемата на преобразувателя е изследвана софтуерно, на основата на симулационни анализи, в различни режими и резултатите са проверени експериментално.

Предложена е методика за проектиране на избрания резонансен инвертор. Направени са изследвания и сравнителни анализи, оценка на влиянието на основните схемни елементи при различни преобразуватели на енергия.

Предложена е методика за оразмеряване на индуктор, като товар на инвертор за индукционно нагряване, и оценка на електрическите му параметри, необходими за съгласуването му с инверторните схеми.

В методиките за проектиране са въведени коригиращи коефициенти за получаване на по-добро съответствие с реалните параметри на индуктора и инвертора.

В много голяма степен полезността на изследванията е резултат от работата на докторанта.

Оценка на публикациите по дисертационния труд

Резултатите от теоретичната и експериментална работа на дисертанта по време на разработване на дисертационния труд са докладвани на научни конференции и са известни на научната общност у нас. Приложени са 22 публикации, както следва:

- 1 в Annual Journal of Electronics – списание на ТУ-София;
- 1 – на международна конференция на SIELA под егидата на IEEE;
- 16 – основната част от публикациите е в годишник на БСУ или конференции, провеждани от Университета;
- 4 в национални конференции.

Една от публикациите е самостоятелна, 17 са в съавторство с научните ръководители.

Публикациите отразяват основните изследвания в дисертационния труд.

Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социална практика

Нямам данни за икономически ефект от анализите, изследванията и практическите експерименти. Но разработката може да се използва при необходимост от нагряване на течности.

Образователна и преподавателска дейност на докторанта

Не познавам докторанта и нямам впечатления от преподавателската му дейност. Но много добър атестат за учебната дейност е съавторството в разнообразни учебни помагала – общо 11 ръководства за лабораторни упражнения по „Токозахранващи устройства“, „Аналогова схемотехника“, „Електронна схемотехника“, „Измервания в електрониката“ и др.

Оценка на автореферата

Авторефератът е обем от 39 страници и отразява основното съдържание на отделните глави на дисертационния труд със съответните изводи, заключения и оценка на приносите.

На стр.18-долу има вмъкнат нередактиран пасаж, първият принос към III глава (стр.23) и последният към глава IV (стр.33) са непълни.

Мнения, препоръки и бележки

Към предложения дисертационен труд имам следните общи забележки и препоръки:

1. Заглавието на труда е леко подвеждащо – предполага директно нагряване на флуиди, тип диелектрично нагряване. А се разглежда косвено нагряване на флуиди.
2. Липсва математически анализ на електромагнитни процеси в избраната схема на резонансен инвертор, от които да следва изчисление на стойности на елементите ѝ. Изследванията на различни схеми и режими е само резултат от обобщения на симулационни резултати, което не е основа за получаване на достатъчно прецизни резултати. Това се потвърждава от разминаването на симулационни и измерени резултати, показани в края на ръкописа.
3. Данните в таблица 2.3 (стр. 69) за дълбочина на проникване са в много широки граници и се разминават с общоприетите, което води до неправилни твърдения и изводи. Авторът е наясно с проблема – в публикациите му те са с верните стойности.
4. В зависимостта за изчисление на необходимата мощност за нагряване на вода с определен дебит (формула 2.1, стр.65) е цитиран коефициент „с“, обяснен като „специфично нагряване на водата“ и „атмосферно налягане по линията на насищане“. И което е по-лошо – използваната му стойност е $\approx 1 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$. А специфичният топлинен капацитет на водата е $\approx 4,18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$, както е написано и на стр.105. От което следва голяма грешка в някои оразмерявания – таблица 4.1 и фиг.4.1 (стр.118). Същото раздвояване се наблюдава и в публикациите на автора.
5. На стр.105 е въведен коефициент K_4 , отразяващ каква част от отдадената мощност се предава към водата. С него в самото начало трябва да се коригират всички мощностни изисквания към проектираната система и

всички изчисления. Каква е стойността му и как е отчетен при проектирането?

6. Описанието и отчитането на резултатите от практическите измервания от показаните осцилограми (под фиг.4.69) е много неясно. Не може да се получи реална представа за измерената максимална стойност на тока, не е обяснено как се получава токът I_o . Показана е много голяма разлика между измерени и „симулирани“ резултати при оптималната работна честота (симулационните са около два пъти по-добри от измерените), некоректно е обяснението, че това се дължи на разлика в товарните съпротивления – табл.4.5 и фиг.4.74. Според мен, очакваният резултат от практическата проверка трябва да е: измерени мощности и температури при зададен дебит на флуида (водата). Реализирана е система за нагряване с реален индуктор, а липсва резултат за параметри на системата индуктор-нагрявано тяло от измерване и сравнение с изчисленияте.

7. Дисертационният труд ще се обогати, ако се добави, макар и бегло, сравнение с традиционния електрически нагревател и индукционно нагряване при директно използване на мрежовата честота.

8. Правописни грешки, текстът не е подравнен, неясни изрази, разместени надписи под фигурите.

Други по-съществени неточности и въпроси:

- стр.18 – как се разбира „Индукционно нагряване с пряко действие (контактно)“ от блоковата схема на фиг.1.13;
- стр.28 – неправилно е написано „Индукторът преобразува електромагнитната енергия в топлинна“, това става в нагрявания детайл;
- стр.41, фиг.1.50 – английското наименование на електронните лампи е „valve“ или „(vacuum) tube“, а не „LAMP“;
- стр.66 – ако вътрешният диаметър е 60mm, а външният – 63mm, дебелината на стената не е 3mm, а това число е използвано по-нататък при изчисленията;
- стр.67 – за дълбочината на проникване неправилно е указан много широк диапазон – $(0,1 \div 1)$ от дебелината на стената на тръбата, и е избрано числото 0,1, което е прекалено;
- стр.68 – не е изчислена мощността P_s ;
- стр.69 – специфичното съпротивление на стоманата е приблизително $1 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$, използвано е $1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$;
- стр.86 и 89 – мощностите за двете еднотактни схеми при честота 50kHz, показани на фиг.3.3, фиг.3.4 и фиг.3.11, се различават с около 50%;
- стр.91 – разсъжденията относно мостова и полумостова схема се отнасят за еднакви товарни съпротивления и създават неправилно впечатление за мощностните им възможности, обикновено тези схеми

се сравняват при еднакви токове през транзисторите (и подходящ товар) и реално мостовата схема е с два пъти по-голяма мощност от полумостовата;

стр.92, фиг.3.22 – кривите за загубите в мостова и полумостова схема трябва да имат еднакъв характер, показано е намаляване на загубите в полумостовата схема;

стр.93 – същото се отнася и за ефективността на двете схеми – фиг.3.25;

стр.94 – схемата от фиг.3.27 с паралелен резонансен кръг е неработоспособна и е естествено да има лоша ефективност; затова получените резултати за сравнение на двете товарни конфигурации е некоректно;

стр.120 – същото се отнася и за схемата от фиг.4.4.

Заклучение

Считам, че дисертантът успешно се е справил с поставените в дисертацията задачи и набелязани цели. Изследвани и проектирани са възможни работни режими на преобразуватели на енергия в перспективна и важна област с научна и практическа стойност. Изучени и правилно са използвани различни силови схеми, инструменти за анализ.

В процеса на разработката на темата инж. Д. Марева е доказала възможностите си за самостоятелна научна и изследователска работа. Вижда се много добро владение на методите за симулационен анализ на процеси в силови електронни преобразуватели. Предложени са методики за проектиране на резонансни инвертори и индуктори, които са приложени при конкретна практическа реализация.

Въз основа на направения анализ давам *положителна оценка* на разработения дисертационен труд и считам за основателно да предложа *маг. инж. Даниела Жекова Марева да придобие образователната и научна степен „доктор“* в научна област 5. „Технически науки“, професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“ по докторска програма „Електронизация“.

Дата: 29.02.2016

Рецензент:

