

РЕЦЕНЗИЯ

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

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Емил Петров Мечков

Тема на дисертационния труд: „Изследване на загряването на силови
маслени трансформатори“

Рецензент: Иван Костадинов Миленов, проф. д-р

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно приложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.

Темата на дисертационния труд е много актуална. Силовите маслени трансформатори са основно звено във всяка електроенергийна система. От тяхната ефективна и надеждна работа зависят в голяма степен ефективността и надеждността на електроенергийната система като цяло. В последните години се правят все повече изследвания и се работи върху “интелигентна мрежа”. При нея е от съществено значение качествения и бърз мониторинг и управление на работата на всяко отделно съоръжение. При силовите маслени трансформатори като много важен параметър се явява температурата на загряване във вътрешността на трансформатора. С нея са свързани надеждната работа и продължителността на експлоатация на трансформатора. Изчисляването и точното определяне на температурата на загряване при силовите маслени трансформатори винаги е било свързано с определени трудности и неточности. В различни точки от конструкцията на трансформатора температурата е различна и е много трудно предварително да бъдат локализирани местата където температурата ще достигне максимална стойност. Това особено важи за преходните режими на работа. Прилаганите методи за изследване са свързани с приемането на редица условности и допускания. В научно и научно приложно отношение процеса на загряване и на охлаждане на силовите маслени трансформатори винаги е бил предизвикателство за изследователя, а за конструктора - трудна и проблемна задача. В Р. България останаха малко основополагащи производства, каквото е производството на силови трансформатори. Запазването и развитието на това производство в условията на силна конкуренция е свързано с повишаване на ефективността и качеството на произвежданата продукция. Възможността за по-точното изчисляване и определяне на температурата на загряване на масления трансформатор, още на етапа на неговото проектиране, дава възможност за оптимизиране на конструкцията и постигане на високи технически параметри и характеристики. Това на практика осигурява ефективната и надеждна работа и повишава конкурентността. Именно затова считам, че тематиката на дисертационната разработка е много актуална и значима.

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

От дисертационната работа се вижда, че докторантът има задълбочени познания по състоянието на проблема. Дисертационният труд е с обем 144 страници като включва: въведение, 6 глави с изложение, заключение, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията, използвана литература и съдържа 67 фигури и 14 таблици. Направената литературна справка обхваща 111 заглавия, от които 94 на латиница и 17 на кирилица. Почти всички използвани материали са от последните 20 години. На базата на обстоен анализ на литературния материал докторантът е формулирал целта и задачите на дисертационния труд, а именно: Да се изследва, чрез компютърно моделиране и експериментално, загряването в силови маслени трансформатори. Намирам, че поставената цел е достатъчно значима от научна и приложна гледна точка. За постигането на целта са поставени 7 задачи в резюме както следва: създаване на триизмерни модели с помощта на 3D CAD продукт Solid Edge на трансформатори 160 и 630 kVA. ; решаване на линейна и нелинейна електромагнитна задача; решаване на смесена задача - топлинно поле - механика на флуидите; експериментално изследване и сравняване на резултатите от компютърното моделиране и експериментално получените. В дисертационния труд правилно са избрани като обект на изследване два от най-широко използваните типове силови трансформатори. Става дума за трансформатори произвеждани в големи серии - десетки хиляди бройки и които трябва да работят в продължение на дълги години - 25 - 30 г. На това изискване може да се отговори само ако се гарантира, че загряването на трансформатора ще достига до стойности, заложи при проектирането и посочени в техническите стандарти и нормативните документи при всички режими на работа. В този аспект давам положителна оценка за творческата интерпретация на литературния материал от страна на докторанта и коректното дефиниране на целта и задачите на дисертационния труд.

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

Намирам, че в процеса на разработка докторантът е избрал подходящи методи, както по отношение на теоретичната част - триизмерно компютърно моделиране, така и по отношение на експерименталната част - контактни и безконтактни методи за измерване на температурата. Прилагането на числени методи - метод на крайните елементи е дало възможност за решаване на задачи с висока степен на сложност, включително смесени задачи, с произволна геометрия, характеристики на среди и нелинейности. За създаването на триизмерните модели е използван софтуерния 3D CAD продукт Solid Edge. За решаването на поставените задачи по отношение на анализа на тримерното електромагнитно и топлинно поле докторантът е използвал мощни програмни продукти - Ansys и Comsol. При експерименталните изследвания за директно измерване на температурата правилно са избрани термодвойки тип K, а като безконтактен метод е използвана термографска инфрачервена камера FLIR R640. Всички направени изследвания и получените крайни резултати показват, че има пълно

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

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

Като цяло след подробното ми запознаване с дисертационния труд намирам, че той представлява една завършена научно-изследователска разработка. Основните моменти от дисертационната разработка могат да бъдат обобщени по следния начин: Разработени са триизмерни модели които дават възможност да се определи и види в определен момент от време разпределението на магнитната индукция и на токовата плътност с реални и имагинерни стойности в активната част на силовите маслени трансформатори. Направено е компютърно моделиране на топлинното поле на маслен трансформатор. Получени са резултатите за температурите на компонентите в отделни точки от конструкцията, даващи възможност за оценка на локалните места на загряване в които се достига до максимална температура. Оценка за достоверността на резултатите получени чрез компютърното моделиране може да се направи единствено чрез сравнение с експериментално получени резултати за загряването на реален физически модел на същия (моделирания) трансформатор. Такова сравнение е направено по отношение на температурата в горните слоеве на маслото и прегряването в най-горещата точка на намотка ВН и НН, определени чрез експерименталното изследване и тези, получени от компютърния модел. Сравнението показва, че относителната грешка за температурата на маслото е около 2 %, а тази за температурата на намотките е между 3,9 и 8,7 %. Направените експериментални изследвания са в пълно съответствие с изискванията на стандарта БДС EN 600762:2011 Силови трансформатори. Част 2: Прегряване на трансформатори, потопени в течност. Основавайки се на това, може да се заключи, че предложения модел с метод на крайните елементи има достатъчна точност за целите на проектирането и поддръжката на трансформатори и може да бъде приложен при изследването и проектирането и на други конструкции маслени разпределителни трансформатори.

5. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд:

В дисертацията си кандидатът е формулирал по своя преценка 2 броя научно-приложни приноса и три броя приложни приноси. В резюме те са както следва: Научно-приложни: 1.1. Разработени са триизмерни компютърни модели за анализ на електромагнитното поле на трансформатори на основата на CAD система с общо предназначение и готов програмен продукт по метода с крайни елементи, чрез решаване на линейната и нелинейна електромагнитна задача. Получените загуби от решаването на електромагнитната задача се използват като източници на топлина при топлинната задача. 1.2. Разработени са компютърни модели за решаване на задачи за анализ на тримерно топлинно поле на трансформатори чрез метода с крайни елементи и готов програмен продукт при установен режим, при преходен режим и чрез свързано топлопренасяне. Приложни приноси. 2.1. Направен е преглед на класификацията на топлинните аномалии, резултатите и техния анализ, от изследване посредством

инфрачервена термография на няколко трансформаторни станции на територията на едно от електроразпределителните дружества в България. 2.2. Предложена е методика за експериментално изследване на маслени трансформатори базирана на стандарта БДС EN 60076-2:2011 Силови трансформатори. Част 2: Прегряване на трансформатори, потопени в течност, като е направено надграждане чрез използването на термодвойки за директно измерване на температурата на маслото и на намотките и чрез заснемане с инфрачервена термографска камера. 2.3. Създадените компютърни модели са внедрени в процесите на проектиране и развойна дейност в завода за производство на трансформатори „Елпром Трафо СН“ АД, гр. Кюстендил. В резултат на това значително са намалени разходите за производството на опитни образци и е повишена конкурентоспособността на дружеството. Така формулираните приноси могат да бъдат отнесени към следните класификации: доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми и теории; методи на изследване; получаване и доказване на нови факти; получаване на потвърдителни факти. Намирам претенциите на автора за приносите в дисертационния труд за основателни и считам, че те трябва да му бъдат признати.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите.

Личното участие на дисертанта в приносите може да бъде оценено от представения дисертационен труд, направените научни публикации и представения автореферат. От тях може да се направи заключение, че в основната си част те са разработени от докторанта и се явяват продукт на неговия дългогодишен творчески труд и положени усилия. Разбира се, не трябва да бъде пренебрегвана и ролята на научните ръководители и на съавторите на някои от публикациите, но тяхното участие в приносите е в значително по-малка степен.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд:

По настоящия дисертационен труд докторантът участва с 7 научни публикации, като всичките те са пряко свързани с направени изследвания по дисертационната разработка и отразяват основните моменти от работата. Една от публикациите е самостоятелна, а шест в колектив с други автори, като в три от тях кандидата е на първо място. Пет от статиите са на английски език, другите две на български. За нивото на научната продукция на докторанта може да се съди по това, че четири от публикациите са на международни научни конференции, индексирани по Scopus, а три в Годишника на Технически Университет - София. Също така към момента има 6 бр. цитирания по направени публикации.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика.

Една от силните страни на дисертационната разработка се явява приложимостта на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика. Разработени са компютърни модели за решаване на задачи за анализ на тримерно топлинно поле на трансформатори чрез метода с крайни елементи и готов

програмен продукт при установен режим, при преходен режим и чрез свързано топлопренасяне. Резултатите от тези модели показват много добре термичното състояние на компонентите на трансформатора. Разработените компютърни модели и получените резултати вече се прилагат и се използват още на етапа на проектиране. Това повишава точността на направените изчисления, съкращава времето за самата разработка, както и направените по нея разходи. В този аспект директно може да се оцени връзката между разработените теоретични (компютърни) модели и практическото им приложение. Направените експериментални изследвания и получените резултати също дават възможност за по-широко практическо приложение.

10. Мнения, препоръки и бележки.

Според мен дисертацията на маг. инж. Емил Петров Мечков представлява една много добра научно-техническа разработка в една особено важна за енергетиката област.

Намирам, че като цяло представения труд има необходимите научни и научно-приложни приноси, и той отговаря както в количествено, така и в качествено отношение на изискванията към такава разработка.

Към дисертационния труд имам някои забележки, които не носят съществен характер:

- При компютърното моделиране съществено значение имат заложените гранични условия и избраните коефициенти. Добре е за тях да има съответната обосновка.
- При анализите на процеса на загряване би било добре да се направи сравнение за резултата при смяна (вида) на охлаждащата течност – трансформаторното масло.

Направените забележка не намаляват научната и приложна стойност на представения дисертационен труд. Препоръчвам на докторанта да продължи работата в тази перспективна област.

Заклучение:

Давам изцяло положителна оценка на дисертационния труд на маг. инж. Емил Петров Мечков и намирам, че той съдържа необходимите научни и научно-приложни приноси, даващи ми основание да предложа на членовете на Научното жури да присъдят на кандидата образователната и научна степен “доктор” в област на висшето образование „Технически науки”, професионално направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика”, научна специалност „Електрически апарати”.

11.06.2020 г.

София

Вярно с оригинала!
Изготвил:

/проф. д-р И. Миленов/

