

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд, представен за получаване на образователната и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: гл.ас. Иван Георгиев Христов

Тема на дисертационния труд: „Числено изследване на статични и динамични режими в многослойни джозефсонови контакти”

Заявител за откриване на процедурата: Катедра „Числени методи и алгоритми” към Факултет по математика и информатика”, СУ „Св. Климент Охридски”

Професионално направление: 4.5. Математика

Научна специалност: Математическо моделиране и приложение на математиката

Рецензент: проф. д-р Михаил Тодоров, кат. Диференциални уравнения, ФПМИ, ТУ – София, назначен със заповед РОЗ8-316/20.06.2014 г. на Ректора на СУ „Св. Климент Охридски”

Представената дисертация на тема „Числено изследване на статични и динамични режими в многослойни джозефсонови контакти” е написана на 106 стр. стандартен текст. Структурирана е в увод, 3 глави, основни научни приноси (авторска справка) и библиография, в която са цитирани 73 заглавия. Отделно в текста резултатите са богато визуализирани с 42 фигури, 2 таблици и 5 скрипта.

1. Актуалност на дисертационния труд

Дисертацията е посветена на програмната реализация на обосновани числени методи и алгоритми за детайлно изследване на статични и динамични режими в многослойни джозефсонови контакти. Особено внимание е обърнато на критичните зависимости магнитно-поле-ток за устойчиви статични състояния и феномена Current Locking, както и на флуксонната динамика в отсъствие и с приложено магнитно поле. Макар че уравненията, управляващи тези процеси са изведени, неизвестните при джозефсоновите контакти и особено в случая на сандвич от такива (МДК) са все още твърде много. Причините се крият в сложността на

самия ефект, необходимостта от специални стендове и установки за тънки измервания от една страна, и необходимостта от друга страна от интегриране на пертурбирана система от уравнения тип синус-Гордън, която в общия случай освен числено, не може да бъде решавана ефективно с аналитични методи. Макар и по същество теоретична, предложената дисертация е насочена към съответни експериментални сравнения и доказателства. Тук връзката е двупосочна - пригодността на прогнозираните числени резултати в голяма степен се определя от тяхното сравнение с експериментални наблюдения и измервания, а наблюдавани експериментални феномени търсят своето теоретично обяснение. Това несъмнено е актуална задача, характеризираща се със своята сложност, произтичаща от нелинейност, консервативност, устойчивост и бифуркационни преходи. В контекста на гореказаното от съществено значение е компютърната реализация на подходящи числени методи за приближено решаване на подобни проблеми и получаване на надеждни числени прогнози.

2. Анализ на състоянието на проблема

Джозефсоновият контакт представлява сандвич от три слоя, от които външните са свръхпроводник, разделени от диелектрик (барьерен слой). При определени условия през този слой може да се наблюдава тунелен ефект на проникване на електрони. Математическият модел на това явление се описва с пертурбирано уравнение синус-Гордън (сГ), което принадлежи към т.н. група солитонно-поддържащи уравнения (soliton supporting dynamical systems). Специално за това уравнение солитонните решения предвид техния физичен смисъл е прието да се наричат флуксони. Съществена особеност на подобен тип решения (когато съществуват) на уравнението сГ е тяхната устойчивост по дясна страна, т.е. наличие на външни токове, магнитно поле, геометрични нехомогенности и пр. Преходът към конструиране и изучаване на свойствата на МДК е продиктуван от наблюдаваното високочестотно електромагнитно лъчение и възможността флуксоните в контакта да се движат кохерентно. Математическият модел на МДК вече е система от пертурбирани сГ уравнения. За съжаление колкото един математически модел е по-реалистичен, толкова е по-труден за изследване и решаване. В частност при уравненията сГ съществен „недостатък“ е, че те не са интегрируеми, което неминуемо води до невъзможност или неефективност от прилагане на аналитични методи за тяхното интегриране и необходимостта от използване на числени методи(ки) и алгоритми за тяхното приближено решаване. В този смисъл от първостепенна важност е разработването и компютърната реализация на подходящи числени методи за приближено решаване на проблема и получаване на надеждни числени прогнози. В този аспект предлаганата дисертация прави отлично впечатление и като обосновка, и като реализация.

3. Методика на изследванията

Авторът не само е овладял и реализирал сложни изчислителни

алгоритми и процедури, но е решил успешно въпроса за адекватността на получените резултати и тяхната физична интерпретация и приложимост.

В първа глава са построени математическите модели на задачата за еднослоен и многослоен джозефсонови контакти – управляващи уравнения и гранични условия в линейна (in-line) геометрия. Разгледани са няколко точни и приближени аналитични решения на непертурбираното уравнение синус-Гордън от тип флуксон, дишащ солитон (бризер), както и взаимодействаща двойка „флуксон-антифлуксон”.

Втора глава е посветена на детайлно описание на разработените колокационни схеми за статични режими в многослойни джозефсонови контакти, техните свойства, консервативност и точност. Отделено е нужното внимание на критичните зависимости „външно магнитно поле-външен ток” и са направени съответните изводи. Детайлно е изследвано явлението Current Locking в случая на трислоен симетричен контакт. Получени са сложни динамични преходи от едно статично състояние в друго при нулев ток и променливо магнитно поле. Бидейки винаги в някакво устойчиво състояние, системата при тези преходи „избира” конкретно състояние, което дисертантът сполучливо нарича „най-добро”. Доколкото статиката се управлява от пертурбирана система тип сГ, която е нелинейна, мултипараметрична и не е напълно интегрируема, тук се прилага апроксимация с квадратични крайни елементи и итеративно решаване с Непрекъснатия аналог на метода на Нютон.

В трета глава се разглеждат отново МДК, но вече в динамичен режим. Тъй като се решава система от нелинейни хиперболични уравнения, от съществена важност е съблюдаването на условието за устойчивост (от тип Курант-Фридрихс-Леви) на конструираната трислойна явна диференчна схема и диференчния аналог на закона за запазване на енергията – енергетичното тъждество (1.2.6), гарантиращо и консервативност на схемата. Изследването на свойствата на системата диференциални уравнения, разглеждана като параметрично многообразие се базира на паралелен алгоритъм, реализиран успешно на гريد-инфраструктурата на ИИКТ-БАН. С паралелен алгоритъм е постигнато около 30 пъти ускорение спрямо решаването на същата задача на РС. Проведени са множество числени симулации и са получени интересни и нетривиални резултати, касаещи случаите с външно и без външно магнитно поле. И в двата режима детайлно е изследвана консервативността на управляващата система диференциални уравнения. Основната цел е изучаване на механизма на генериране на кохерентни флуксони. В тази насока за пръв път са изследвани свързани флуксонни състояния при $N=3,4,5$. Числено е получена област в параметричната равнина „магнитно поле-ток”, за която състоянието на движещи се във фаза (in-phase state) флуксони е атрактор при случайни начални данни.

4. Характеристика и оценка на получените резултати

Дисертацията е написана изключително прецизно и детайлно. Има завършен вид на изследователски труд, написана на правилен български език и напълно разбираем стил за четене, отговаря и дори надхвърля препоръчителните критерии на ЗРАСРБ и ППЗРАСРБ за присъждане на

научно-образователна степен „доктор” и в частност препоръчителните наукометрични параметри за ОНС „доктор”, заложи в Процедурните правила на СУ „Св.Климент Охридски”.

Приносите могат да се оценят като колективно дело, но с водеща роля на дисертанта и под ръководството на научните му ръководители. Всички те могат да бъдат причислени към направлението „Обогатяване на съществуващи знания”. Получените резултати в голямата си част могат да имат макар и непряк приносен характер и в направлението „Приложение на научни постижения в практиката” и това е едно от големите достойнства на това изследване – достойнство, което задължава и мотивира дисертанта да продължи да работи в избраното направление.

Тук следва да отбележим умелото съчетаване на НАМН с МКЕ за решаване на статичната задача за МДК; задачата на Щурм-Лиувил и метода за итерирание в подпространства за изследване на устойчивост на статичното решение; детайлното изследване на явлението Current-Locking, хвърлящо светлина върху връзката между статичната и динамичната задача; параметричното изследване на свързани флуксонни състояния на МДК в отсъствие на магнитно поле и паралелната реализация, когато задачите са независими.

5. Преценка на авторската справка

Както отбелязах в 4. приносите имат научно-приложен характер. Самото изследване има теоретична стойност, но с непряка насоченост към лабораторни и промишлени приложения. Авторската справка на дисертанта правилно отразява приносите и акцентите в дисертацията. Също така тя дава насоки за следващи изследвания в това направление, свързани с усложняване на геометрията и добавяне на нови членове към системата уравнения и/или техните гранични условия, намиране на критични режими, условия за преход (бифуркация) от устойчиво към неустойчиво състояние и обратно и пр.

6. Критични бележки по трудовете и литературна осведоменост на дисертанта

Нямам въпроси и бележки по същество. Забелязах няколко технически грешки и неточности, които няма да коментирам и които препоръчах на дисертанта по време на предварителното обсъждане да отстрани. Струва ми се, че с тези резултати може да се атакува спокойно някой от специализираните журналы по свръхпроводимост. Текстът е написан стилно. Начинът на изложение и обяснение подсказват, че авторът задълбочено познава и разбира тази твърде специфична и твърде трудна за изследване материя.

Литературната осведоменост на дисертанта се основава на източници от 60-те години на ХХ век досега. Не бива да пропусна да отбележа задълбоченото и бих казал пълно познаване от автора на литературата по разглежданите в дисертацията въпроси.

7. Публикации по дисертацията

Резултатите са докладвани на авторитетни конференции и семинари в страната и в чужбина. Публикувани са в 2 списания, както и в научните трудове на 3 международни конференции – почти всички в съавторство с научните ръководители на дисертанта. Едно от списанията (LNCS) има импакт-фактор, а конференцията поредица на AIP има SJR-индекс. Към настоящия момент на автора не са известни цитати на трудовете. Справката с процедурните правила за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности на СУ „Св. Климент Охридски” и заложените в него препоръчителни наукометрични параметри показва, че дисертантът представя 12 публикации, от които 4 журнални при изискуема 1 и 8 в рецензирани поредици с SJR-индекс при изискуема 1. Като прибавим към тези задължителни активи и педагогическа дейност на кандидата във ФМИ, както и участието му в множество национални и международни договори, проекти и конференции, то очевидно той надхвърля многократно изискванията за ОНС „доктор”.

Други данни за публикациите могат да се видят в представената таблица.

Таблица: Справка за трудовете

Статии – 9 бр.	В чужбина <i>International Journal of Multiphysics</i> - 1 бр. <i>Lecture Notes in Computer Science</i> (Imp.F. 0.513 (2005), SJR 0.322 (2007))-3 бр. <i>AIP CP</i> (SJR 0.161)-4 бр. <i>Bulletin of PFUR</i> -1 бр.
Доклади на национални и международни научни прояви – 11 бр.	<i>Трудове BG SIAM, Сборник 120 год. ФМИ</i>

8. Преценка на автореферата

Авторефератът отразява правилно и пълно съдържанието на дисертационния труд.

9. Новост на получените резултати

Получените резултати касаят известен проблем, който е изследван многократно и теоретично, и емпирично. Новостта в настоящото изследване е свързана с разработването на надеждни числени методи и алгоритми за пресмятане на динамичното поведение на джоозефсоновите вихри, установяване на взаимозависимост между статичните и динамични режими и състояния, демонстрация на компютърна симулация на процесите в МДК паралелно, което ускорява десетки пъти в сравнение с обикновен РС.

10. Приложение на резултатите в практиката

Не намирам за необходимо да дискутирам този въпрос отново. Изследването в дисертацията може да има макар и непряка научно-приложна стойност в свръхпроводниците и нанотехнологиите. Неговата приложимост обаче е и образователна и научно-методична. Дисертационният труд е написан с вещина, прецизно и детайлно.

11. Лични впечатления

Познавам лично дисертанта от 2009 г. От тогава той е редовен участник и контрибутор на ежегодната конференция по приложна математика AMiTaNS. Присъствал съм на докладите му там, както и на предварителното обсъждане на дисертационния му труд в катедра „Числени методи и алгоритми” на ФМИ”. От направените експозета, от отговорите на зададените му въпроси, както и от лични разговори и дискусии по тематиката на дисертацията останах с отлични впечатления. Сериозна тематика, трудоемко и същностно изследване, гаранция и предпоставка за което е задълбоченото познаване на материята от дисертанта.

Заклучение

Считам, че темата на дисертационния труд е актуална и отговаря и надхвърля многократно препоръчителните изисквания на ЗРАСРБ и ПУРПНСЗАДСУ за получаване на образователната и научна степен „доктор”. Дисертантът е извършил задълбочена и всеобхватна обосновка и разработка на числени методи и тяхната програмна реализация за детайлно изследване на статични и динамични режими в многослойни джозефсонови контакти. Както вече отбелязах, поради спецификата на проблема изследването е с валенции за разширяване и задълбочаване както в теоретично, така и в научно-приложно направление.

Въз основа на гореизложеното убедено препоръчвам на научното жури да предложи на ФС на Факултета по математика и информатика, СУ „Св. Климент Охридски” да присъди на г-н гл.ас. Иван Георгиев Христов образователната и научна степен „Доктор” в Професионално направление: 4.5. Математика, Научна специалност: Математическо моделиране и приложение на математиката.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Проф. д-р Михаил Тодоров
кат. „Диференциални уравнения”,
ФПМИ при ТУ - София

20 август 2014 г.
София