

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Юрія Миколайовича Стоянова на тему:

“Удосконалення обчислювальних методів оптимального синтезу ректени для бездротового заряджання акумулятора в імплантанті”,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертації.

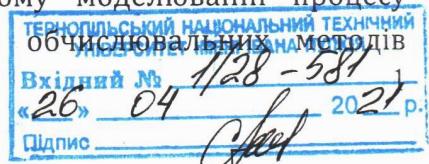
Для вирішення проблем впливу на організм людини негативних зовнішніх та внутрішніх факторів потрібно розробляти та створювати нові біотехнічні засоби. При цьому слід враховувати випромінювання різної природи та якості для стимуляції біооб'єктів організму – з оптимальною інтенсивністю, та іншими параметрами і характеристиками опромінення, від яких залежить якість підтримки стану організму. В біомедичній інженерії вплив на біооб'єкт означають енергетичним або інформативним рівнем енергії впливу та за порядком якості променю. Під час профілактики захворювань, їх діагностики, лікування і реабілітації набуває все більшого значення безпровідний, черезшкірний трансфер енергії радіо-, світло-, X-, та квантових (високоенергетичних) частот в широкому діапазоні спектру.

У медицині використовується черезшкірний трансфер енергії в близькій зоні електромагнітного поля. Проте, імплантовані пристрої потребують заряджання (або заміни акумулятора, що є досить інвазійним процесом. Слід зазначити, що при акумуляторному живленні імплантату необхідно контролювати режим споживання енергії, враховувати мінливість біофізичних параметрів середовища каналу трансферу енергії з метою оптимізації процесу заряджання акумулятора та повного використання його технічного ресурсу, що значно зменшить інвазію при використанні імплантату. Також, постає потреба індивідуального підбору параметрів випромінювальної ректени під конкретного пацієнта – змінюючи форму та розміри ректени з метою отримання максимально допустимої напруженості магнітного поля в точці імплантації приймальної ректени, а також мінімальної напруженості електричного та магнітного полів у ділянках тіла пацієнта поза межами розташування імплантату.

Забезпечення оптимізації часу та інвазії заряджання акумулятора, контролю імплантату є складною науково-технічною проблемою. Для вирішення такої проблеми потрібно розв'язати низку наукових завдань, зокрема, математичномоделювання трансферу електромагнітної енергії через біосередовище, тарозроблення обчислювальних методів синтезу структури ректени для цього трансферу. Розв'язання такого завдання є актуальним для підтримки працевздатності та здоров'я та людини.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їхня достовірність.

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації повною мірою обґрунтовані, оскільки логічно випливають із результатів, отриманих за допомогою методів електродинаміки при математичному моделюванні процесу безпровідного трансферу енергії через біосередовище,



визначення результатів взаємодії потоку енергії з шаруватим біосередовищем, методів оцінювання при верифікації результатів контролю трансферу енергії, методів генетичного пошуку при оптимізації безпровідного трансферу енергії

Достовірність отриманих результатів підтверджують впровадження у науково-виробничому експериментальному спільному малому підприємстві "МЕДАП".

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження

Автором у дисертаційній роботі вперше:

1. Обґрунтовано використання ейконального представлення електромагнітного випромінювання при оптимізації безпровідного трансферу енергії через біосередовище для заряджанні акумулятора імплантату кардіостимулятора-дефібрилятора.

2. Визначено хвилеву функцію трансферу електромагнітної енергії через шарувате біосередовище та запропоновано математичну модель трансферу, та метод оптимізації зарядження акумулятора.

3. Запропоновано використати генетичний алгоритм для параметричного синтезу оптимальної форми ректени, параметри форми якої взаємозалежні, та функцію мети (функцію фітнесу) генетичним алгоритму параметричного синтезу.

4. Запропоновано метод та схему дистанційного контролю заряджання акумулятора імплантату.

Слідзазначити, що концептуальність результатів дисертаційного дослідження є підставою того, що: створено новий тип інтелектуальних систем імплантатів кардіостимуляції-дефібриляції з низькою інвазивністю внаслідок автоматизації керування динамікою електромагнітного трансферу, оптимізації параметрів ректени для заряджання акумулятора, та врахування впливу біосередовища на трансфер електромагнітної енергії.

Значущість отриманих результатів для науки і практики

У дисертаційній роботі вирішено наукове завдання математичного моделювання черезшкірного трансферу електромагнітної енергії та розвитку обчислювальних методів синтезу ректени для заряджання акумулятора імплантату кардіостимулятора-дефібрилятора. Удосконалено спосіб синтезу випромінювальної ректени, який забезпечить підбір оптимальних параметрів випромінювання з урахуванням особливостей будови та складу тканин конкретного пацієнта. Оптимізовано процес черезшкірного заряджання акумулятора імплантату, що дає змогу до повного використання технічного ресурсу акумулятора та значно зменшить інвазію людини, яка використовує імплантат.

Повнота викладення результатів у опублікованих матеріалах

Результати дисертаційної роботи опубліковано у 14-и наукових працях. З них 4 статті в наукових фахових виданнях України, із яких 1 стаття індексується в наукометричній базі Scopus, а 3 статті у базах ICI Journals Master List, Index Copernicus. Також є 3 публікації у працях міжнародних конференцій, які індексуються у базі Scopus і 7 тез за доповідями та обговореннями на науково-технічних конференціях, індексованих у базі Google Scholar.

Структура та зміст дисертації

Дисертація містить 137 сторінок, з яких 93 сторінки основного тексту (42 рисунки та 7 таблиць). Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків та 89 найменувань списку літератури. За структурою та обсягом робота відповідає вимогам до дисертаційних робіт в Україні.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та основні завдання досліджень, викладено наукову новизну і практичну цінність одержаних результатів. Подано інформацію про особистий внесок здобувача, апробацію роботи та наявні публікації.

У *першому розділі* наведено результати аналітичного огляду стану справ та тенденцій розвитку: безпровідного трансферу електроенергії через біосередовище; заряджання акумулятора імплантату; соціальних, технічних та наукових аспектів і задач трансферу; питань практичного застосування електрокардіостимулаторів, зокрема, фізичний принцип їх роботи, режими роботи; симптоми та синдроми захворювань; доцільноті удосконалення системи черезшкірного трансферу енергії. Проаналізовано відомі конструкції ректен; обґрунтовано необхідність математичного моделювання ректени для формування на базі моделі задачі її синтезу, побудови алгоритму синтезу структури ректени; означено параметри ректени, які забезпечують оптимальну діаграму спрямованості її випромінювання. Встановлено потребу зменшення інвазії імплантованих кардіостимулаторів.

У другому розділі У другому розділі обґрунтовано концептуальні засади визначення впливу шаруватого біосередовища на трансфер через нього електромагнітної енергії функцій. Розроблено концепцію та удосконалено метод та засоби системи заряджання акумулятора імплантату черезшкірно, та оцінено загрози для органів та їх систем в організмі людини.

Розроблено спільну теоретичну основу для побудови методів заряджання акумулятора імплантату, створено можливість поєднання автоматизованих та інтерактивних режимів керування параметрами заряджання, й адаптивних режимів нормування інтенсивності потоку енергії, її відбору та використання.

Системний та концептуальний перегляд дисертаційних досліджень дає змогу до створення нового типу інтелектуальних систем імплантатів кардіостимулаторів-дефібриляторів (ІКД) низької інвазії, з керуванням динаміки трансферу електромагнітної енергії, зокрема, зі зменшенням інвазії черезшкірного середовища.

Запропоновані нові підходи до побудови ІКД дають змогу інтегрувати їх у проблемно-орієнтовані засоби із базами знань та логічно-керованим інтерфейсом для автоматизації процесу і прогнозування впливу невідомих чинників при підтримці здоров'я організму людини.

Математичні моделі та методи, на базі яких уточнено характеристики і параметри трансферу та адаптації з кусковою тривалістю процедури трансферу і одночасним підвищенням його якості, уможливлюють підвищення ефективності ІКД.

Очевидно, що нова система трансферу передбачає можливість вивчення, доповнення та уточнення бази знань про стан серцево-судинної системи (ССС) в умовах життєдіяльності людини.

У третьому розділі представлено методи параметричного синтезу структури ректени, зокрема, її форми, параметрів, діаграми направленості. Наведено граничні умови форми ректени, обґрунтовано вибір критерію оптимальності форми ректени. Обґрунтовано вибір неградієнтного методу пошуку оптимальної форми ректени та використання генетичного алгоритму пошуку через біомедичні обмеження (дотримання принципів неінвазійності) та взаємозалежність параметрів. Побудовано позначення фізичних і алгоритмічних елементів генетичного алгоритму пошуку, цільову функцію (фітнес-функцію) та обґрунтовано обмеження.

У четвертому розділі представлено верифікацію безпровідного трансферу електроенергії та її результати. Верифікацію виконано шляхом комп'ютерного 4 моделювання контролльованого трансферу електроенергії через біосередовище і порівняння його з неконтрольованим трансфером з неоптимізованою та оптимізованою ректеною. Встановлено, що режим безпровідного трансферу електричної енергії на імплантат визначає мета імплантації та стан імплантованого біооб'єкту. Верифікація комп'ютерним моделюванням трансферу енергії, та оптимізації синтезу структури ректени показала суттєве зменшення часу оптимізації параметрів структури ректени (автоматично, до 15 годин, у порівнянні з відомими методами оптимізації); оперативне оцінювання затрат енергії в каналі безпровідного трансферу у відомих системах не встановлено; інвазійність системи трансферу внаслідок заряджання, або заміни, акумулятора відсутня (протягом часу функціонування акумулятора, до (4- 14) років).

У **додатках** містяться: список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

Оформлення дисертації та автореферату.

Матеріали дисертаційних досліджень подано логічно, послідовно та доказово. Оформлення автореферату та дисертації повністю відповідає вимогам, рекомендованим Міністерством освіти і науки України. Текст автореферату відповідає змісту дисертаційної роботи, а дисертація - паспорту спеціальності 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки).

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. З дисертаційної роботи важко зрозуміти, що вираз (4.6) є асимптотичним наближенням виразу подвійного інтегралу (4.1).

2. Не зрозуміло, чому автор близьку до джерела випромінювання віддає у формулі (4.10) називає матеріальною частиною.

3. При описі верифікації результатів синтезу ректени не вказані похибки оцінювання отриманих результатів, а також не вказано кількість проведених досліджень.

4. У випадку застосування генетичного алгоритму задача формується таким чином, щоб її вирішення могло бути представлено в вигляді масиву подібного до інформації складу хромосоми. Не зрозуміло, за яким законом розподілу в масиві створюється кількість n початкових елементів "осіб", або початкова популяція?

5. Доцільно було би навести ілюстрації направленості випромінювання ректени в четвертому розділі, а не в третьому.

6. У тексті дисертаційної роботі зустрічаються граматичні помилки та стилістичні неточності.

Наведені зауваження не впливають на високу позитивну характеристику дисертаційної роботи, не зменшують її актуальність, наукову та практичну цінність проведених досліджень.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Юрія Миколайовича Стоянова на тему "Удосконалення обчислювальних методів оптимального синтезу ректени для бездротового заряджання акумулятора в імплантанті" є завершеним науковим дослідженням, в якому отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальне завдання математичного моделювання черезезшкірного трансферу електромагнітної енергії та розвитку обчислювальних методів синтезу ректени для заряджання акумулятора імплантату кардіостимулятора-дефібрилятора.

Наукові публікації здобувача повністю відображають основні результати дисертаційного дослідження.

За актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення поставлених наукових та практичних задач, новизною і ступінню обґрунтованості отриманих результатів, практичних висновків та рекомендацій робота задовільняє вимогам, зокрема (п. 9, 11, 12 щодо кандидатських дисертацій) "Порядку присудження наукових ступенів" затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013р. № 567 (зі змінами), а її автор, Юрій Миколайович Стоянов заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки).

Офіційний опонент,

завідувач відділу методів та засобів

відбору й обробки діагностичних сигналів

Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка

Національної академії наук України,

доктор технічних наук,

старший науковий співробітник



R. M. Юзефович

