

ВІДГУК

офіційного опонента Бутрима Олександра Юрійовича
на дисертаційну роботу Майбороди Максима Віталійовича
«Аналіз і синтез хвилевідних елементів дисперсійних
компресорів електромагнітних імпульсів», яку подано до захисту
на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних
наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Актуальність обраної теми. Формування коротких та потужних електромагнітних імпульсів є край важливою задачею, ефективне вирішення якої може сприяти прогресу у багатьох галузях науки та техніки. Це можна сказати, наприклад, про радіо- та геолокацію, про підповерхневе зондування, про зв'язок у сильно поглинаючих середовищах, про прискорення заряджених частинок, про передачу цифрової інформації на великі відстані і т. д. Пошук у відповідних напрямках рухається, здебільшого, у бік підвищення потужності формованих сигналів, зменшення їх тривалості, просування у більш короткохвильову частину спектру. Кожна технологія отримання таких імпульсів з часом вичерпує свої можливості, і постає питання про те, як подолати черговий бар'єр на шляху підвищення енергетичних та просторових характеристик, що вже досягнуті. Тому кожне нове дослідження, що веде до нових та досить результативних відповідей на відповідне питання, є актуальним та затребуваним на практиці. Подана дисертаційна робота виконана саме в такому ключі та пропонує декілька достатньо обґрунтованих модельних об'єктів, які, будучи покладені в основу реальних пристроїв, зможуть за своїми енергетичними, просторовими та масо-габаритними характеристиками значно перевищити вже відомі аналоги. Тому, вважаю, що тема дисертації є актуальною а результати – науково та практично значущими.

Загальна характеристика роботи. В роботі запропоновано та досліджено строгими методами низку об'єктів, в яких завдяки дисперсійній деформації можливе ефективне стискання електромагнітних імпульсів мікрохвильового та оптичного діапазонів. Серед них - відрізки металевих та діелектричних хвильоводів, що згорнуті у спіраль; планарний діелектричний хвильовід на металевій підкладці; простір, що заповнено діелектриком з дисперсією діелектричної проникності. Дослідження базується на сучасній методології отримання нових знань, в основу якої покладено побудову надійних математичних моделей та їх реалізація в обчислювальних експериментах. В рамках цієї методології дисертант використовує математичну техніку та оригінальне програмне забезпечені, що були створені ним та його науковим керівником. Математична складова полягає в коректній постановці початково-межових задач, що описують трансформації неусталених електромагнітних хвиль у досліджуваних об'єктах та в подальшому їх числовому розв'язанні. Фізична складова – в обґрунтованому виборі об'єктів для дослідження, які мали б яскраво виражену дисперсію та прийнятні масо-габаритні та інші важливі характеристики, та в фізичному аналізі отриманих числових даних. Головні результати було одержано завдяки вдалому застосуванню модифікації метода обернення хвильового фронту до розглянутих задач. Можливість заміни в рівняннях Максвелла змінної часу t на $-t$ дозволила авторові точно знаходити форму вхідних сигналів, що подаються до дисперсійних елементів, що вивчаються, і, тим самим, точно визначати всі їх часові, частотні та енергетичні характеристики.

Дисертаційну роботу написано науковим стилем, з логічною розбивкою матеріалу по розділах. Всі результати, що отримані, достатньо повно висвітлено у наукових журналах (7 статей) та докладено автором на конференціях (2 публікації тез). Зміст та структура автореферату повністю відповідає змісту та структурі дисертації та містить всі положення, що подаються до захисту.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в першу чергу у низці запропонованих нових модельних прототипів компресорів електромагнітних імпульсів та їх дисперсійних елементів, які здатні стискати імпульси з шириною частотної смуги в одну та більше октав.

До найбільш цікавих, на мій погляд, результатів, що було отримано, слід віднести наступні.

- Уперше модельовано стискання двох симетричних імпульсів, що випромінені ниткою зі струмом у кільцеподібному хвилеводі. Зазначу, що окрім отриманих енергетичних характеристик генерації, автором в числовому експерименті спостерігалось цікаве явище інтерференції двох стиснутих імпульсів.
- Модельовано стискання надширокосмугового імпульсу у діелектричному хвилеводі, який згорнуто у спіраль, та запропоновано на його основі прототип імпульсного випромінювача. Важливим тут є те, що автору вдалося показати, що метод обернення хвильового фронту, який він використовує, здатен працювати за умови обміну енергією між витками спіралі.
- Уперше надійно продемонстровано стискання імпульсних хвиль в такому класичному вже об'єкті, як діелектричний хвилевід на металевій підкладці.

Достовірність отриманих результатів ґрунтується на використанні автором строгих математичних методів для розв'язання початково-крайових задач (метод скінченних різниць) та для проведення чисельних експериментів (метод обернення хвильового фронту); в обґрунтованому виборі потрібних модельних ідеалізацій (напівнескінченні хвилеводи, E - або H -поляризовані поля, та ін.).

Практична значимість отриманих результатів. Внаслідок того, що при проведенні числових експериментів автором було використано універсальні методи: метод обернення хвильового фронту при виконанні фізичного аналізу перехідних процесів та метод скінченних різниць при розв'язанні початково-межових задач, будь-який з розглянутих об'єктів може бути модифіковано довільним чином без будь-якої модифікації загальної методології досліджень, в окремих випадках не потребують змін навіть розрахункові програми. Це відкриває шлях для подальшого пошуку та оптимізації характеристик запропонованих дисперсійних елементів. Також значимим для практичних застосувань є те, що в розглянутих у дисертації задачах моделювалося стискання імпульсів із шириною частотної смуги в одну та більше октав, що суттєво розширює перелік пристроїв, потенційно здатних функціонувати з такими сигналами.

Зауваження до дисертаційної роботи.

- В модельних задачах, в яких розглядаються відрізки металевих хвильоводів (розділ 3), вважається, що металеві стінки не мають втрат. Така ідеалізація хоча і має право на існування, але в певній мірі не відповідає реальним хвильоводам. Можна порекомендувати авторові в майбутньому додати до цієї моделі омичні втрати, тим більше, що граничні умови Леонтовича відносно легко вбудовуються в скінченно-різницеvu сітку.
- Вибір двовимірної ідеалізації виглядає логічним для всіх задач, що розглядаються у дисертації, за винятком задачі, в якій моделюється стискання у діелектричному хвильоводі на металевій підкладці (підрозділ 4.3). Конструювання на практиці такого хвильоводного тракту зіткнеться з певними труднощами. З іншого боку, відрізок не планарного, а круглого або прямокутного діелектричного хвильоводу на тій самій підкладці, який набагато легше реалізувати, продемонструє більшу дисперсію та коефіцієнт стискання.

- Дисертації бракує експериментальних даних.
- Невдало використано термін «метод кінцевих різниць», натомість варто було використати загально вживаний варіант «метод скінченних різниць», адже в англійському варіанті «Finite-difference time-domain method» слово finite означає саме «скінченний», а не «кінцевий».

Висновок. Зазначені зауваження не мають критичного значення та жодним чином не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації. Як за формальними ознаками, так і за своїм змістом вона повністю відповідає всім вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук. Отримані в ній результати мають важливе значення для прогресу в галузі конструювання імпульсних джерел мікрохвильового та оптичного діапазонів. Вважаю, що її автор, Майборода Максим Віталійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук, доцент,

провідний науковий співробітник кафедри теоретичної радіофізики

Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна



О.Ю. Бутрим

Підпис засвідчую

Начальник служби управління персоналом

доктор педагогічних наук,

проф. Сергій КУЛШ

