

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Волка Юрія Юрійовича «Мультигармонічні двопотокові супергетеродинні ЛВЕ з гвинтовими електронними пучками», яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем

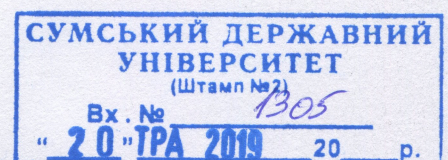
Актуальність обраної теми

Дисертаційна робота Волка Ю. Ю. присвячена теоретичному дослідженню нових джерел потужного електромагнітного випромінювання в міліметровому-інфрачервоному діапазоні довжин хвиль на базі двопотокових супергетеродинних лазерів на вільних електронах (ЛВЕ). Розроблення та вдосконалення джерел потужного випромінювання у цьому діапазоні є перспективним напрямком розвитку сучасної релятивістської електроніки. Незважаючи на значну кількість теоретичних і експериментальних робіт, присвячених вивченню ЛВЕ, на сьогодні відсутня повна картина фізичних явищ, що відбуваються під впливом полігармонічних електронно-хвильових взаємодій. Як показує досвід світових дослідників, використання гвинтових електронних пучків у таких пристроях призводить до появи додаткових ефектів, здатних істотно впливати на характеристики підсилювачів та генераторів. Тому, дослідження мультигармонічних двопотокових супергетеродинних ЛВЕ, в яких використовуються гвинтові електронні пучки, є цікавими і важливими. Окрім цього, використання двопотокової нестійкості як додаткового механізму підсилення має ряд позитивних відмінностей, наприклад, ці пристрої характеризуються більшими інкрементами зростання хвиль та меншими конструкційними габаритами, порівняно з традиційними ЛВЕ. Дисертація «Мультигармонічні двопотокові супергетеродинні ЛВЕ з гвинтовими електронними пучками» присвячена саме такій актуальній тематиці. Основною метою роботи є встановлення фізичних закономірностей, що визначають формування потужного електромагнітного випромінювання з широким частотним спектром у мультигармонічних двопотокових супергетеродинних ЛВЕ з гвинтовими релятивістськими електронними пучками (РЕП).

Актуальність тематики досліджень, які проведені у дисертації, також підтверджується належністю її до ряду держбюджетних науково-дослідних робіт Сумського державного університету, що виконувалися у рамках наукових програм МОН України. Таким чином, можна зробити висновок, що рецензована дисертаційна робота має науковий та практичний інтерес, актуальність і важливість тематики не викликає сумнівів.

Новизна, обґрунтованість і достовірність основних положень і висновків роботи

Висновок про обґрунтованість наукових результатів, одержаних у дисертації Волка Ю. Ю., можна зробити, беручи до уваги застосування адекватних теоретичних моделей та використання відомого та апробованого



апарату математичних методів теоретичної фізики. У дисертаційній роботі для одержання самоузгодженої системи диференціальних рівнянь, що повною мірою описує процеси у мультигармонічних двопотокових супергетеродинних ЛВЕ з гвинтовими електронними пучками, використано апробований метод усереднених характеристик. Завдяки цьому методу вдалося врахувати множинні трихвильові параметричні резонансні взаємодії гармонік хвиль різного типу. У дисертаційній роботі в рамках описаного підходу проведено аналіз впливу різних параметрів досліджуваного пристрою на характеристики вихідного випромінювання двопотокового супергетеродинного ЛВЕ. Також в роботі досліджено вплив вхідного електромагнітного сигналу з низьким ступенем полігармонічності на динаміку формування потужної електромагнітної хвилі з широким частотним спектром. Теоретичні результати дисертаційної роботи у граничних випадках повністю узгоджуються з результатами інших авторів. Вищевикладене дає підставу вважати одержані результати достовірними.

До найбільш вагомих нових результатів слід віднести наступні:

- уперше одержано самоузгоджену систему диференціальних рівнянь з кубічною нелінійністю для амплітуд гармонік хвиль, що описує динаміку хвиль у мультигармонічному двопотоковому супергетеродинному ЛВЕ з гвинтовими електронними пучками, враховуючи полігармонічні взаємодії хвиль. З'ясовані умови, за яких формується потужний полігармонічний електромагнітний сигнал з максимально широким частотним спектром;
- встановлено, що у мультигармонічних двопотокових супергетеродинних ЛВЕ із гвинтовими релятивістськими електронними пучками інкременти зростання хвиль просторового заряду істотно зростають за умови збільшення кута релятивістського електронного пучка відносно фокусувального магнітного поля. Завдяки цьому у досліджуваному пристрої темпи підсилення електромагнітної хвилі сигналу зростають, тому, відповідно, можливе зменшення повздовжніх габаритів таких ЛВЕ.
- уперше показано, що у випадку застосування полігармонічного вхідного сигналу з невеликою кількістю гармонік формування потужного полігармонічного вихідного сигналу у мультигармонічних двопотокових супергетеродинних ЛВЕ-підсилювачах відбувається на довжинах, у два і більше разів менших, ніж у системах, які використовують монохроматичний вхідний сигнал.

Практична значущість результатів

Практичний інтерес полягає у тому, що розроблена теорія мультигармонічних двопотокових супергетеродинних ЛВЕ з гвинтовими електронними пучками може бути використана для розроблення конкретних експериментальних конструкцій ЛВЕ з метою створення джерел потужного електромагнітного випромінювання з широким частотним спектром у міліметровому-інфрачервоному діапазоні хвиль. Одержана самоузгоджена система диференціальних рівнянь для амплітуд гармонік хвиль може використовуватись для аналізу полігармонічних процесів в інших пристроях

плазмової електроніки НВЧ, що використовують гвинтові релятивістські електронні пучки.

Зауваження щодо змісту дисертаційної роботи

- 1) У дисертаційній роботі використовується гідродинамічне наближення для аналізу полігармонічних взаємодій у двопотокових супергетеродинних ЛВЕ з гвинтовими РЕП. У цьому наближенні електронні пучки моделюються як електронні хвилі, однак відомо, що гідродинамічне описання не враховує теплові ефекти в пучку, обгін електронів одним та інші процеси, характерні для пучків заряджених частинок. Не зайвим було б також урахувати вплив розподілу електронів за енергіями на перебіг полігармонічних процесів у досліджуваних пристроях.
- 2) У розділі 4 відсутній аналіз динаміки електромагнітних хвиль у мультигармонічних двопотокових супергетеродинних ЛВЕ із гвинтовими електронними пучками за різних параметрів (індукція магнітного поля накачки та фокусувального магнітного поля, сила струму двошвидкісного електронного пучка, енергія такого пучка та ін.). Такий аналіз має практичний інтерес, оскільки дозволив би визначити оптимальні параметри для досягнення максимальних підсилювальних властивостей досліджуваного пристрою.
- 3) У роботі в якості додаткового механізму підсилення хвиль використовується двопотокова нестійкість. Відомо, що в рамках двопотокової нестійкості можна спостерігати турбулентний рух та стохастичні коливання електронів. У дисертації не розглянуто подібні ефекти, хоча ці процеси здатні мати істотний вплив на динаміку формування хвиль сигналу та призвести до нових та практично цікавих явищ.
- 4) У роботі використовуються невдалі комбінації слів, такі як: «кубічно-нелінійна теорія», «квадратично-нелінійна система» и т.п., які слід розуміти як «теорія з кубічною нелінійністю», «система с квадратичною нелінійністю». Хотілося би, щоб подібний науковий жаргон у дисертаційних роботах був відсутнім.

Слід звернути увагу на дещо анотаційний характер деяких висновків до окремих розділів.

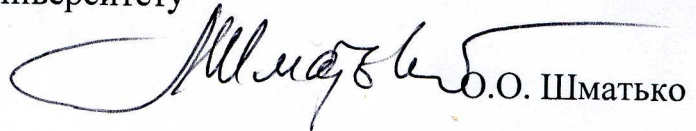
Відповідність встановленим вимогам до дисертацій на здобуття ступеня кандидата наук.

Вказані недоліки знижують загальне враження від дисертації, проте не впливають на основні положення та результати, що виносяться на захист. Зауваження насамперед передбачають загальну критику підходів, що використані в роботі для отримання та тлумачення окремих результатів. Результати дисертаційної роботи опубліковані у 23 наукових працях, з яких 5 статей – у виданнях, індексованих наукометричними базами Scopus та Web of Science, 1 стаття – у наукових фахових виданнях України, 8 праць у матеріалах міжнародних наукових конференцій, 7 з яких у виданнях, що

індексуються наукометричними базами Scopus та Web of Science; 8 тез доповідей конференцій та 1 стаття у нефаховому виданні. На основі аналізу публікацій можна стверджувати, що всі основні положення дисертації опубліковано та апробовано повною мірою на вітчизняних і міжнародних конференціях. Основні положення дисертації повністю відображені у авторефераті. Дисертаційна робота та автореферат виконані у повній відповідності вимогам, яким мають задовольняти роботи, що подаються на здобуття ступеня кандидата наук.

На підставі викладеного вище вважаю, що робота Волка Ю. Ю. «Мультигармонічні двопотокові супергетеродинні ЛВЕ з гвинтовими електронними пучками» за актуальністю, новизною отриманих результатів, практичною значущістю, структурою і обсягом відповідає вимогам МОН, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня кандидата наук, а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем.

Доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри фізики НВЧ
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна

 О.О. Шматько

Підпис доктора фізико-математичних наук, професора,
професора кафедри фізики НВЧ
Шматька О.О. засвідчую.

