

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу Третьяка К.К. “Нагрів і діагностика плазми тороїдальних пасток короткохвильовими високочастотними полями”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.08 – фізика плазми.

Дослідження розподілу високочастотних електромагнітних полів в неоднорідній тороїдальній плазмі в області іонних циклотронних частот має велике значення для поліпшення роботи торсатрону «Ураган-3М». Важливим також є розробка нових методів діагностики плазми, заснованих на двохополяризаційній рефлектометрії, які можуть бути використані як в стелараторах, так і в сферичних торах. Розробка таких діагностик плазми є актуальною задачею, оскільки як стеларатори, так і сферичні тори можуть бути застосовані для розробки демонстраційного реактора DEMO.

Дисертаційна робота Третьяка К.К. присвячена теоретичному дослідженню нагріву і діагностики плазми в сучасних тороїдальних пастках короткохвильовими високочастотними полями. Актуальність теми дисертації Третьяка К.К. визначається тим, що нагрівання плазми високочастотними електромагнітними хвилями широко застосовується в дослідженнях з керованого термоядерного синтезу в системах з магнітним утриманням плазми. Одним із широко використовуваних методів нагріву є іонний циклотронний нагрів плазми за допомогою швидких магнітозвукових хвиль, який успішно застосовується на найбільших термоядерних установках. Цей метод традиційно застосовується для нагріву плазми на торсатронах «Ураган» (Харків, Україна).

Актуальною задачею є визначення параметрів плазми у тороїдальних установках з магнітним утриманням плазми. Зараз для досягнення цієї мети застосовується рефлектометрія з використанням звичайної хвилі. У дисертації Третьяка К.К. використовується рефлектометрія з використанням як звичайної, так і незвичайної хвилі. З цією метою у дисертації розроблені нові ітераційні

алгоритми розв'язання інтегральних рівнянь для звичайної і незвичайної хвиль. Ці алгоритми дозволяють використовувати обидва типи хвиль в рефлектومتрії плазми.

Вважаю, що тема рецензованої дисертації Третяка К.К. є актуальною і вона має велике практичне значення.

У дисертаційній роботі Третяка К.К. вперше показано, що просторова близькість зон альфвенівського і циклотронного резонансів приводить до зміни поляризації швидкої хвилі в області циклотронного резонансу. В наслідок цього ефекту має місце циклотронне поглинання швидкої хвилі на іонах, що підтверджено експериментально. Крім того, у дисертації розроблені ітераційні алгоритми чисельного рішення інтегральних рівнянь, які пов'язують зсуви фаз зондуючих плазму звичайної і незвичайної хвиль з просторовими розподілами параметрів плазми. Здобувач добре справився з розв'язанням поставлених задач, оволодівши на високому рівні теорією плазми та методами чисельного аналізу дисперсійних властивостей електромагнітних хвиль магнітоактивної плазми. Усе це визначає новизну проведених дисертантом досліджень.

Рецензована дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, та списку використаних літературних джерел із 171 найменування. Повний обсяг дисертації складає 147 сторінок, включаючи 48 рисунків. Список використаних літературних джерел складає 21 сторінку.

За темою дисертації опубліковано 5 статей у наукових фахових виданнях, які задовольняють вимогам ДАК МОН України до публікацій. Шість робіт було опубліковано у збірниках наукових праць, у матеріалах і тезах доповідей на наукових конференціях.

До найбільш важливих результатів, здобутих дисертантом, належать такі.

Вперше досліджено вплив тривимірної неоднорідності параметрів плазми торсатрону «Ураган-3М» на поширення та поглинання швидкої хвилі в іонно-циклотронному діапазоні частот. Розраховано просторові зони розповсюдження швидкої хвилі та зони альфвенівського резонансу в тривимірній геометрії торсатрону для реального профілю густини плазми. Результати дослідження

було успішно використано для аналізу експериментів, що проводилися на тороїдальній установці «Ураган-3М».

Вперше побудована тривимірна картина поширення повільної хвилі, що збуджується рамковою антеною в плазмі торсатрону «Ураган-3М» за допомогою розробленої автором комп'ютерної програми. Показано, що вся потужність, яку випромінює рамкова антена за допомогою повільної хвилі, поглинається поблизу антени за рахунок поглинання Ландау на електронах та за рахунок зіткнень.

Вперше розроблено ітераційні алгоритми чисельного розв'язання інтегральних рівнянь, які пов'язують зсуви фаз зондуючих плазму звичайної і незвичайної хвиль з просторовими розподілами параметрів плазми. Показано, що розроблені алгоритми можуть ефективно застосовуватися для відновлення параметрів плазми за даними як багатоканальної вузькосмугової системи, так і широкосмугової системи рефлектометрії зі зміною частоти.

Вперше досліджено застосування двохполяризаційної рефлектометрії для визначення профілю густини плазми в торсатроні «Ураган-2М», яка передбачає одночасне використання звичайної і незвичайної хвиль. Показано, що використання незвичайної хвилі для зондування плазми істотно розширює діапазон вимірюваних густин плазми для багатоканального рефлектометра з фіксованим набором частот.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, є суттєвим внеском у розвиток теорії обмеженої магнітоактивної плазми. Проведене теоретичне дослідження може бути використане для аналізу експериментів по нагріванню тороїдальної плазми в області іонно-циклотронних частот на установці «Ураган-3М». Розроблені у дисертаційній роботі ітераційні чисельні алгоритми можуть застосовуватися для вирішення зворотних задач діагностики плазми.

Рецензована дисертація містить певні недоліки:

1. У дисертації не указано як програмно реалізовані запропоновані алгоритми чисельного розв'язання інтегральних рівнянь, які пов'язують зсуви

фаз зонduючих плазму звичайної і незвичайної хвиль з просторовими розподілами параметрів плазми.

2. Крім того, у дисертації не розглянуто застосування зміни амплітуди зонduючих плазму звичайної і незвичайної хвиль для вимірювання густин плазми.

3. Також у дисертації, і у авторефераті є велика кількість символів, значення яких не пояснюється при першому їх згадуванні.

4. В дисертації немає рисунка з використаною системою координат для аналізу магнітоактивної плазми.

5. В другому розділі дисертації досить стисло наведено опис променевого коду, який використовується для розрахунків траєкторій повільної хвилі.

6. Також автором не зазначено в який спосіб розв'язується система диференціальних рівнянь формула (2.4), сторінка 56.

6. На сторінці 61 рисунок 2.11 йде раніше ніж посилання на нього.

7. Розрахунки профілю поглиненої потужності повільної хвилі в залежності від граничної температури плазми торсатрону «У-3М» були проведені лише для одного фіксованого значення тороїдального хвильового числа. Також не зрозуміло чому дорівнює полоїдальне хвильове число.

8. У третьому розділі тестування ітераційного алгоритму проводилося лише на сімействі параболічних функцій. Було б корисно перевірити розроблений метод на сигналах зі складною структурою, які містять локальні максимуми та мінімуми.

Однак, вказані недоліки не знижують загальної позитивної оцінки рецензованої дисертації, виконаної на високому науковому рівні, написаної хорошою мовою і добре оформленою.

Здобуті в дисертації результати відповідають загальним положенням сучасної фізики плазми, узгоджуються з теорією дисперсійних властивостей електромагнітних хвиль у обмеженій магнітоактивній плазмі і результатами інших авторів, чим і визначається їхня вірогідність.

Оцінюючи дисертаційну роботу Третяка К.К. в цілому, слід зазначити, що вона є закінченою самостійною науково-дослідною роботою. Сукупність результатів і висновків рецензованої дисертації можна кваліфікувати як новий, важливий і перспективний напрямок у фізиці обмеженої магнітоактивної плазми, який полягає в дослідженні впливу тривимірної неоднорідності параметрів плазми на розповсюдження і поглинання короткохвильових електромагнітних полів в плазмі та дослідження нових методів діагностики плазми високочастотними полями, заснованих на одночасному використанні звичайної та незвичайної хвиль.

Результати, здобуті в дисертації можуть бути використані в ННЦ ХФТІ, ХНУ, КНУ, ІФ НАНУ, ІЯД НАНУ, ІРЕ НАНУ. Роботи Третяка К.К. добре відомі спеціалістам, на них є численні посилання в науковій літературі. Автореферат правильно відбиває зміст дисертації.

На основі проведеного вище аналізу вважаю, що дисертаційна робота Третяка К.К. "Нагрів і діагностика плазми тороїдальних пасток короткохвильовими високочастотними полями" задовольняє всім вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук з спеціальності 01.04.08 - фізика плазми.

Офіційний опонент

Завідувач відділу твердотільної електроніки Інституту

радіофізики і електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України,

доктор фізико-математичних наук, професор

 М.М. Білецький

Підпис д.ф.-м.н. М.М. Білецького затверджую.

Вчений секретар ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України

канд. фіз.-мат. наук

"__" _____ 2017р.



Почаніна І.Є.