

ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата фізико-математичних наук Мишенка В.В. на дисертаційну роботу Варавіна Антона Валерійовича «Фазова синхронізація частоти твердотільних джерел сигналів в короткохвильовій частині міліметрового діапазону радіохвиль», подану на здобуття вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальність 01.04.03-радіофізика.

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Якість монохроматичного електромагнітного сигналу визначається рівнем паразитних фазових шумів на частотах, які відрізняються від основної. Одним із засобів покращення якості сигналів, які генеруються твердотільними джерелами, є використання методу фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ), коли генерований сигнал синхронізується з сигналом високоякісного кварцового генератора опорної частоти. Цей метод технічно доволі складний, та, не зважаючи на це, він все ширше застосовується останнім часом, тому що підвищення якості генеруемого сигналу дає змогу суттєво підвищити параметри радіофізичних приладів, в яких ці джерела використовуються.

При створенні сучасних твердотільних джерел випромінювання в короткохвильовій частині міліметрового діапазону проблема підвищення якості генерованого сигналу набуває особливого значення, тому що ефективність відомих фізичних ефектів згасає при підвищенні частоти. Тому для вирішення цих задач на більш високих частотах потрібен пошук нових більш досконалих методів підвищення якості генерованих сигналів. Дисертаційна робота А.В. Варавіна присвячена дослідженню методів синхронізації активних помножувальних модулів на основі лавинно-прольотних діодів (ЛПД) та розробці з їх використанням різних радіофізичних пристроїв, які працюють у короткохвильовій частині міліметрового діапазону. При цьому продемонстровано підвищення інформативності та якості експериментів по радіоспектроскопії та інтерферометрії високотемпературної плазми. Автору вперше вдалося одержувати інформацію про щільність плазми у реальному часі та використати гетеродинний інтерферометр двоміліметрового діапазону для оперативного керування токомаком «COMPASS – D» при проведенні

експериментів. Тому тема дисертаційної роботи безсумнівно є актуальною.

Основу дисертації Варавіна А.В. складають результати низки науково-дослідних держбюджетних робіт, які виконувались у Інституті радіофізики та електроніки ім. О.Я.Усикова НАН України з 2007 по 2017 роки.

Хочеться особливо відзначити, що в дисертації розроблені методи вдосконалення тих джерел електромагнітних сигналів короткохвильової частини міліметрового діапазону, які виробляються саме в Україні. Їх успішне використання у різних радіофізичних приладах, працюючих у тому числі і в Європі суттєво підвищують актуальність теми дисертаційної роботи та доводять високий рівень наукових досягнень в Україні.

Наукова новизна отриманих результатів.

Представлені наукові результати засновані на теоретичних та експериментальних дослідженнях різних методів ФАПЧ активних помножувальних модулів високої кратності на основі ЛПД. Використовуючи ці нові джерела високоякісного радіосигналу автором створено декілька радіофізичних приладів, працюючих в короткохвильовій частині міліметрового діапазону, як то цифровий синтезатор частоти, гетеродинний векторний аналізатор, та двочастотні радіоінтерферометри для контролю роботи установки токомак у реальному часі.

Серед нових основних результатів дисертаційної роботи слід відзначити наступні

- Розроблено методику взаємної фазової синхронізації двох активних модулів. Їх використання у гетеродинному векторному аналізаторі забезпечує високу стабільність проміжної частоти та динамічний діапазон 80дБ і малу похибку вимірювання фази.

- Запропоновано та практично реалізовано методику побудови синтезатора частоти для Державного еталону одиниці електрорушійної сили і напруги. Точність нового еталону на три порядки вища за старий.

- Запропоновано та реалізовано метод однозначного вимірювання фази у двочастотних інтерферометрах.

- Практично реалізовані двочастотні гетеродинні інтерферометри міліметрового діапазону довжин хвиль, що дають

змогу вимірювати великі фазові набіги та контролювати щільність плазми у реальному часі.

- Запропоновано схеми рішення та проведені попередні розрахунки інтерферометра терагерцевого діапазону для токомака, який має вимірювати більшу щільність плазми та працювати у реальному часі.

Вважаю, що формулювання наукової новизни досить коректне, їх кваліфікаційні ознаки та кількість відповідають нормативним вимогам.

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів.

Здобувачем при виконанні дисертаційної роботи використані сучасні експериментальні методики досліджень фазової синхронізації активних помножувальних модулів на основі ЛПД шляхом створення з їх використанням різних радіофізичних приладів. Він також є автором ряду нових схемних рішень. Достовірність отриманих результатів підтверджується тим, що автор спирався на випробувані методики досліджень якості монохроматичних сигналів. Основні результати пройшли апробацію на вітчизняних та міжнародних наукових конференціях, а розроблені пристрої успішно використовуються у вітчизняних та закордонних установах.

Практичне значення результатів роботи.

На мій погляд головним результатом дисертаційної роботи Варавіна А.В. є те, що практично доведена можливість створення високоякісних цифрових синтезаторів частоти в короткохвильовій частині міліметрового діапазону радіохвиль на базі активних помножувальних модулів на лавинно-пролітних діодах, які виготовляються в Україні. Розроблені автором радіофізичні прилади використовуються у різних галузях науки та господарства наочно демонструючи практичну значимість результатів дисертаційної роботи. Так цифровий синтезатор частоти використовується в радіоспектроскопічних експериментах та на новому Державному еталоні одиниці електрорушійної сили і напруги, створеному у ННЦ «Інститут метрології», м. Харків. За допомогою створеного автором векторного аналізатора вимірюються параметри НВЧ приладів в ІРЕ НАН України. Гетеродинний інтерферометр двоміліметрового діапазону з однозначним вимірюванням фази використовується у Інституті фізики плазми Чеської академії наук.

Повнота викладення наукових і прикладних результатів дисертації.

Основні результати за темою дисертаційної роботи опубліковані у 22 роботах, серед яких 10 статей, що входять до міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus, Scopus, Google Scholar), та 12 тез доповідей у збірниках матеріалів міжнародних наукових конференцій. Зміст дисертації у цих публікаціях відображено повністю. Зміст автореферату дисертації відповідає основним положенням дисертації. Стиль викладення матеріалу дисертації та автореферату чіткий та ясний. Терміни та визначення, які використовує автор є зрозумілими та узвичаєними у науковій та технічній літературі.

Відповідність дисертації встановленим вимогам.

Знайомство з текстом дисертації та автореферату дає можливість стверджувати, що вона є завершеною роботою. Структура, обсяг та оформлення автореферату добре відображають дисертацію та повністю відповідають вимогам діючого законодавства України до кандидатських дисертацій. Тематика дисертаційних досліджень відповідає паспорту спеціальності 01.04.03 – радіофізика.

Недоліки та зауваження.

До недоліків дисертації можна віднести наступне.

1. Загальновідомо, що кількісно результат використання ФАПЧ для поліпшення якості сигналу характеризують рівнем фазових шумів при різних відстроюваннях від носівної частоти. Нажаль автор в дисертаційній роботі не користується такими параметрами. Відсутність кількісної інформації суттєво ускладнює можливість подальшого вдосконалення джерел сигналів та їх порівняння із світовими аналогами.

2. При створенні векторного аналізатора двоміліметрового діапазону взаємна синхронізація сигнального та гетеродинного джерел за допомогою ФАПЧ дала автору змогу досягнути високої точності вимірювання величин поглинання та фази, але саме значення робочої частоти визначається з доволі низькою точністю. Використання ще однієї ФАПЧ у джерелі сигналу дозволило б визначити робочу частоту з набагато вищою точністю.

3. У третьому та четвертому розділах описані доволі подібні двочастотні інтерферометри для контролю за щільністю плазми у реальному часі. На мій погляд інтерферометр з четвертого розділу є

вдосконаленням інтерферометра з третього розділу. Тому здається, що ці матеріали було б краще подавати в одному розділі та з відповідним порівнянням. Проте зазначені вище зауваження не зменшують цінності виконаних досліджень та отриманих результатів.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота Варавіна Антона Валерійовича на тему «Фазова синхронізація частоти твердотільних джерел сигналів в короткохвильовій частині міліметрового діапазону радіохвиль» виконана на високому науковому рівні, відповідає спеціальності 01.04.03 – радіофізика та задовольняє вимогам п.11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567. Представлені на захист результати обґрунтовані, мають наукову новизну та практичну значимість. Автор роботи Варавін А.В. безумовно заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Офіційний опонент
Старший науковий співробітник
Радіоастрономічного інституту НАНУ
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник



В.В.Мищенко

Підпис Мищенко В.В. засвідчую
Вчений секретар
кандидат фізико-математичних наук



Ю.В.Антоненко

18 листопада 2019р.