

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію **Овсяннікової Олени Євгенівни** «**Електромагнітні поля в ближній зоні апертурних антен**», яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01. 04. 03 – радіофізика

**Актуальність вибраної теми дисертації, її зв'язок з державними науковими програмами, пріоритетними напрямками розвитку науки и техніки.**

Електромагнітні поля в ближній зоні випромінюючих систем необхідно знати з високою точністю для розв'язання актуальних задач забезпечення електромагнітної екології, розвитку теорії випромінюючих систем з урахуванням ефектів ближньої зони антен, створення технологічних установок для харчової, фармакологічної, хімічної та ін. промисловостей і сільськогосподарського виробництва, діагностичної та терапевтичної апаратури в медицині, у наукових дослідженнях у біології та медицині. Велике значення має врахування ефектів ближньої зони в слабкоспрямованих приймально-передавальних антенах – датчиках електромагнітного поля в ближній зоні відеоімпульсної підповерхневої радіолокації. Актуальні дослідження можливостей бездротової передачі електричної енергії. Теорія ближньої зони антен виключно важлива для подальшого розвитку теорії і техніки інформаційних телекомунікаційних мереж.

Із викладеного випливає, що обрана тема дисертаційної роботи Овсяннікової О. Є., пов'язаної з розвитком теорії електромагнітних полів у ближній зоні апертурних випромінюючих систем, безсумнівно актуальна і важлива для багатьох практичних застосувань.

Актуальність дисертаційної роботи підтверджує і безпосередня участь автора в якості виконавця в 5 фундаментальних науково-дослідних роботах, які виконані Харківським національним університетом імені В. Н. Каразіна за пріоритетними науковими напрямками МОН України.

**Ступінь обґрунтованості наукових результатів, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.**

Для розв'язання сформульованих у дисертації завдань автор використовувала наближений метод векторизованого інтеграла Кірхгофа, який дозволяє максимально абстрагуватися від конкретного типу антени на

користь простоти і загального характеру розв'язання задачі. Цей метод успішно протягом багатьох років розвивається і використовується на кафедрі прикладної електродинаміки ХНУ імені В. Н. Каразіна для дослідження поляризаційних ефектів в електродинаміці випромінюючих систем. Безсумнівним досягненням О. Є. Овсянникової є розвиток цього методу на теорію електромагнітних явищ в ближній зоні безперервних апертурних антен. У результаті створено математичне забезпечення, які включає розрахункові формули, алгоритми й прикладні комп'ютерні програми, що дозволяють обчислювати амплітуди та фази векторів напруженості електричного і магнітного полів у ближній, проміжній і дальній зонах випромінювання апертурних антен без будь-яких обмежень на їх розміри, форму розкриву, амплітудні й фазові розподіли струмів або полів на розкриві.

Сприятливе враження справляє великий обсяг обчислювальної роботи при проведенні дисертаційних досліджень. Саме на цій основі автор сформулювала наукові результати й положення, висновки та рекомендації, що становлять результати дисертаційних досліджень. Обчислення в їх повному обсязі ілюструють динаміку зміни просторового розподілу електричних і магнітних полів поблизу апертурних випромінювачів та антен у випадку зміни розмірів розкриву від 0.5 до 200 довжин хвиль. Проведений ретельний аналіз обчислень, перевірка граничних випадків, зокрема, перехід у дальню зону, порівняння з варіантами, які відомі в літературі, перевірки точності обчислення інтегралів у цілому забезпечують обґрунтованість і достовірність результатів дисертації.

**Новизна** результатів досліджень сформульована автором на наш погляд досить точно і правильно. З усіх висновків найбільш важливим для практики є виявлення реальних можливостей синтезувати однорідне електромагнітне поле в деякому обмеженому об'ємі або на обмеженій ділянці плоскої поверхні. Такі еталонні поля вкрай потрібні в метрології, а також в наукових дослідженнях у медицині та біології.

На підставі детального аналізу залежності амплітуди, фази й хвильового опору простору поблизу антени, а також величини поздовжніх компонент електромагнітного поля та величини відношення реактивної потужності до активної, дисертант вперше встановила відстань дальньої зони антен малих електричних розмірів. Цей висновок має дуже велике значення для практики, оскільки дозволяє розв'язати дві важливі задачі: по-перше – на

яких відстанях можна реально вимірювати характеристики випромінювання слабкоспрямованих антен; по-друге – до яких відстаней порівняно прості фізико-математичні моделі випромінювачів в їх дальній зоні справедливі в теорії антен.

Дисертант дуже ретельно проаналізувала умови формування прожекторного променя в ближній зоні апертурних антен і поведінку електромагнітних хвиль у прожекторному промені. Збільшення амплітуди поля  $i$ , отже, ймовірна область електричного пробою апертурних антен з великою потужністю випромінювання на суттєвій відстані від розкриву антени, безсумнівно повинно враховуватися на практиці.

Відзначимо також, що досліджені явища значного зменшення амплітуди поля в прожекторному промені поблизу круглих апертур (до  $-50$ дБ в ближній зоні круглої апертури діаметром  $100$  довжин хвиль) необхідно враховувати у випадку розробок радіоелектронних систем ближньої радіолокації та офісних і кампусних інформаційних телекомунікаційних систем.

#### **Достовірність отриманих результатів.**

Результати дисертаційної роботи засновані на розв'язанні зовнішньої задачі електродинаміки добре відомим і широко апробованим методом потенціалів Герца, розвиненим на ближню зону апертурних антен. Їх обґрунтованість і достовірність підтверджується ретельним тестуванням розроблених алгоритмів та комп'ютерних програм, збігом результатів досліджень з відомими в літературі для окремих випадків, а також у разі граничних переходів у дальню зону антен. Крім цього, достовірність і обґрунтованість отриманих висновків підтверджується також загальними фізичними закономірностями поведінки електромагнітних полів поблизу апертурних антен.

#### **Практичне значення роботи.**

Практична значимість роботи полягає в тому, що проведені дослідження й розроблене математичне забезпечення в сукупності забезпечують реалізацію конструктивного синтезу антенних систем для розв'язання конкретних практичних завдань за умов заданих розподілів амплітуд електричного та магнітного полів на заданій обмеженій площі або в заданому обмеженому об'ємі. У цьому випадку необхідно враховувати виявлені загальні фізичні закономірності поведінки електромагнітних полів у

залежності від електричних розмірів і форми розкриву, а також від амплітудних та фазових розподілів струмів і полів на розкриві.

### **Повнота викладених результатів в опублікованих роботах.**

Результати дисертаційної роботи О. Є. Овсяннікової опубліковані в повному обсязі в 8 статтях і в матеріалах 17 наукових конференцій. З них 7 публікацій (2 статті і 5 доповідей) входять до наукометричної бази даних Scopus. Аналіз публікацій показав, що вони повністю розкривають розв'язані в дисертації завдання та не дублюють одна одну. Дисертація написана хорошою технічною мовою з мінімумом описок і технічних погрішностей. Графічний матеріал добре ілюструє зміст роботи.

Зміст автореферату дисертації О. Є. Овсяннікової повністю відповідає змісту, основним положенням і висновкам дисертаційної роботи.

### **Зауваження щодо змісту дисертації:**

1. У дисертації недостатньо проаналізовано точність обчислень інтегралів, що входять у вирази для компонент електромагнітного поля, тим більше що мова йде про інтеграли від швидко осцилюючих функцій.

2. У дисертації не висвітлені питання врахування крайових ефектів у разі дифракції електромагнітних хвиль на краях апертур і вплив крайових ефектів на електромагнітні поля в ближній зоні.

3. Відсутнє порівняння з результатами чисельного моделювання в якому-небудь комерційному пакеті, наприклад, ANSYS HFSS, FEKO. Це особливо важливо при вивченні розподілу поля електрично малих антен.

4. При графічному представленні подовжнього розподілу поля антен великих розмірів ( $10\lambda \times 10\lambda$ ,  $50\lambda \times 50\lambda$ ) відстань від апертури наводиться в одиницях  $\lambda$ , що на наш погляд явно невдало (мал. 3 у авторефераті, 2.6, 3.7 і 3.11 в дисертації). Так для першої антени відображається область – до  $0.5r_{дз}$ , а для другої – до  $0.02r_{дз}$ . Порівняння кривих втрачає сенс, оскільки в першому випадку область тягнеться до середини проміжної зони, а для другої вона лежить в межах реактивної ближньої зони.

Зазначені недоліки не зменшують наукову й практичну цінність роботи та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

### **Загальний висновок.**

Дисертація О. Є. Овсяннікової «Електромагнітні поля в ближній зоні апертурних антен» є завершеною роботою, в якій розв'язана актуальна задача

й отримані нові науково обґрунтовані теоретичні результати, які в сукупності є суттєвим розвитком теорії електромагнітного поля в ближній та проміжній зонах випромінювання апертурних антен.

Робота відповідає паспорту спеціальності 01.04.03 – радіофізика, зокрема п.п. 1, 5, 14 напрямків досліджень по цій спеціальності.

Дисертаційна робота в цілому по отриманим результатам, за змістом, оформленню й публікаціям задовольняє вимогам, які пред'являються МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор Овсяннікова Олена Євгенівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук, професор  
професор кафедри комп'ютерної радіоінженерії  
і систем технічного захисту інформації;

Харківського національного університету радіоелектроніки

Міністерства освіти і науки України

В. В. Должиков

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:  
Засв. Начальник сектору  
13 12 19  
В. В. Должикова засвідчую:

03 грудня 2019р.