

## ВІДГУК

### ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Медведєва Миколи Володимировича "Збудження та випромінювання електромагнітних хвиль системою щілин, прорізаних у зовнішньому провіднику коаксіальної лінії", представленої на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук по спеціальності 01.04.03 - радіофізика

Створення нових та удосконалення параметрів існуючих пасивних пристроїв НВЧ (в тому числі антен та антенних систем з різноманітними додатковими функціональними елементами, які забезпечують якісну їх роботу) в хвилевідному, коаксіальному та мікрополосковому виконанні є важливою проблемою сучасної прикладної радіофізики. В цьому плані розглянута дисертаційна робота М.В. Медведєва "Збудження та випромінювання електромагнітних хвиль системою щілин, прорізаних у зовнішньому провіднику коаксіальної лінії", яка присвячена розв'язанню задачі збудження та випромінювання електромагнітних хвиль як поодинокую, так і системами поперечних кільцевих і дугових щілин в коаксіальній лінії передач представляє собою окреме важливе завдання вищевказаної проблеми.

Необхідно зазначити, що інтерес до щілинних (або так званих неvistупаючих) антен виник відносно давно, а основи їх теорії були розроблені більше 70 років тому завдяки роботам Б.З. Каценеленбаума, А.А. Пістолькорса, Я.М. Фельда, Л.А. Вайнштейна, J.R. Wait та інших. В результаті були розроблені щілинні антени, розташовані на поверхні високошвидкісних апаратів та були застосовані для передачі інформації без порушення аеродинамічних якостей таких апаратів. Останнім часом, інтерес до дослідження щілинних антен і їх властивостей значно посилюється. Це пояснюється тим, що з'явилися нові напрямки для застосування щілинних антен, наприклад, в геофізичних і медико-біологічних дослідженнях. Для проведення таких досліджень потрібні нові більш складні і адекватні математичні моделі. При цьому виникла також потреба створення нових і модифікації вже існуючих методів вирішення подібних крайових задач, в тому числі із залученням сучасних комп'ютерів і спеціалізованого програмного забезпечення. Крім того, рішення задачі створення ефективних випромінюючих структур на основі коаксіально-щілинних антен з необхідними масогабаритними, технічними та електродинамічними характеристиками може бути корисним в таких важливих областях як радіолокація, радіонавігація і радіозв'язок з наземними, підземними та космічними об'єктами, а також при зондуванні навколишнього середовища і підповерхневого зондуванні земних надр. Слід додати, що ця проблема представляє також значний інтерес для вирішення фундаментальних питань сучасної електродинаміки, в тому числі загальної теорії випромінювання і дифракції електромагнітних хвиль. В цьому плані комплекс питань, розглянутих в даній дисертаційній роботі, є вдалою спробою її вирішення. Використовуючи величезний науково-технічний та методологічний потенціал, який досягнутий на профільних кафедрах Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна (ХНУ) при створенні і експлуатації випромінювальних пристроїв і систем, пропонуються шляхи подальшого їх розвитку, особливо, що стосується коаксіально-щілинних антен у вигляді систем щілин у зовнішньому провіднику коаксіальних ліній (випромінювальних кабелів). Рішення поставлених завдань проводилося в рамках ряду фундаментальних НДР, які проводилися останній час в ХНУ.

Підводячи підсумок вищесказаного можна сказати, що дана дисертаційна робота, присвячена виявленню фізичних закономірностей збудження та випромінювання електромагнітних полів поодинокими кільцевими та дуговими щілинами та системами таких щілин в коаксіальних лініях передач представляє безперечний науковий і практичний інтерес, а її актуальність не викликає сумніву.

В ході проведених досліджень автором проведена велика робота. До числа нових наукових результатів дисертаційної роботи можна віднести:

- результати теоретичних досліджень розв'язання задачі збудження та випромінювання електромагнітних хвиль поодинокую та системами поперечних кільцевих і дугових щілин, прорізаних в екрані коаксіальної лінії з довільним кінцевим навантаженням;
- результати теоретичних досліджень коефіцієнта випромінювання дугової щілини у нескінченій коаксіальній лінії. Отримані граничні значення діапазону довжин хвиль в залежності від довжини щілини;
- теоретичні результати дослідження умов зниження коефіцієнта випромінювання та спотворення форми залежності коефіцієнта випромінювання від довжини хвилі. Для уникнення цього ефекту отримано наближені вирази, що пов'язують радіуси коаксіальної лінії із довжиною випромінювача.
- теоретичні результати дослідження поодинокі кільцевої щілини в зовнішньому провіднику нескінченної коаксіальної лінії. Встановлено, що характер випромінювання такої щілини є нерезонансним, а її коефіцієнт випромінювання обмежується лише параметрами фідера та діелектриків, що заповнюють внутрішній і зовнішній об'єми коаксіальної лінії;
- результати теоретичного дослідження показали, що за умов випромінювання у матеріальне середовище з високими діелектричними проникностями діаграма спрямованості систем щілин має частотнезалежну головну пелюстку, форма та напрямок якої є постійними;
- спосіб поліпшення характеристик коаксіально-щілинної антенної решітки шляхом створення системи дугових щілин з нерегулярними довжинами випромінювачів;
- виявлено діапазон робочих довжин хвиль поодинокі дугової щілини у напівнескінченній коаксіальній лінії.

Таким чином, наукова новизна одержаних результатів дисертаційної роботи полягає в розвитку теорії, математичних моделей і методів розрахунку електродинамічних характеристик коаксіально-щілинних випромінювачів довільної довжини й багатопараметричних систем таких випромінювачів, а також у виявленні нових фізичних особливостей і закономірностей у формуванні електромагнітного поля такими структурами.

Характеризуючи роботу в цілому необхідно відзначити її цілісний і завершений характер: від постановки завдання до проведення повномасштабних теоретичних і експериментальних досліджень, що включають розробку різних математичних моделей коаксіально-щілинних антен з різною кількістю щілин, проведення великої кількості розрахунків, а також порівняння отриманих результатів з результатами інших авторів. Необхідно відзначити ясність бачення автором методів та шляхів вирішення поставлених завдань.

Достовірність і обґрунтованість основних наукових положень, представлених автором, підтверджується шляхом порівняння результатів математичного моделювання з даними, отриманими іншими авторами та з натурального експерименту.

Результати дисертаційної роботи опубліковані у 21 друкованій науковій праці, з

яких 1 стаття входить до наукометричної бази даних Scopus, 7 статей опубліковані у вітчизняних і зарубіжних спеціалізованих наукових видавництвах, а також 13 робіт включені в матеріали доповідей на міжнародних конференціях, 4 з яких додатково відображають наукові результати дисертації. Усі опубліковані наукові роботи відповідають темі дисертаційної роботи.

Автореферат повністю відображає зміст і основні положення дисертаційної роботи і оформлений згідно з відповідними вимогами.

На жаль, робота не вільна від ряду недоліків, серед яких необхідно відзначити наступні:

1. Відомо, що практичний інтерес до питань дослідження коаксіально-щілинних структур виник на рубежі 40 і 50-х років минулого століття. Тоді ж були отримані результати, в основному, завдяки роботам Б.З. Каценеленбаума, О.О. Пістолькорса, Л.А. Вайнштейна, J.R. Wait та інших вчених. Як результат, було вирішено проблему застосування щілинних випромінювальних пристроїв в високошвидкісних літальних апаратів. На жаль, автор як би "не помітив" цей період розвитку теорії щілинних антен, наслідком чого стало відсутність в дисертаційній роботі посилань на вже отримані наукові результати. Останнім часом така ситуація все частіше зустрічається в наукових публікаціях, включаючи дисертації і це сумно.

2. На стор. 60 і 61 дисертації представлені співвідношення для коефіцієнтів відбиття (2.19), випромінювання (2.20) і проходження (2.21). Вираз (2.21) є неповним і виключає втрати енергії, обумовлені випромінюванням енергії через поперечну щілину. У цьому випадку більш коректним (з точки зору закону збереження енергії) є вираз для балансу потужності, наведений на стор. 71 дисертації.

3. Особливий інтерес представляють результати, отримані автором для одиночної поперечної щілини в нескінченній коаксіальній лінії передачі. Дані результати для коефіцієнтів випромінювання та відбиття представлені в дисертації на рис. 2.6. З одного боку, має місце повторення результатів, які отримані в роботі [34], а з іншого – слід відзначити відсутність в дисертації детального аналізу фізики хвильових процесів, що супроводжують процеси в коаксіальній лінії з одиночною поперечною щілиною.

4. Деякі судження автора носять необґрунтовано категоричні висновки, які наводяться без пояснення фізичного механізму поширення електромагнітної хвилі в коаксіальній лінії передачі з кільцевої щілиною. Наприклад, на стор. 31 і в п. 5 на стор. 94 дисертації йдеться, що в такому випадку в лінії "коефіцієнт випромінювання не може досягати значення 0.5 за будь яких умов" та лінія "не може випромінювати 50% падаючої на нею потужності ....". Також не ясно, що мав на увазі автор стверджуючи на стор. 31 дисертації і на 4 стор. автореферату, що "вузька кільцева щілина у екрані коаксіальної лінії "здатна ефективно випромінювати на будь-якій довжині хвилі".

5. На окрему увагу заслуговують питання, пов'язані з експериментальною частиною роботи. На жаль, в дисертаційній роботі відсутній детальний опис експериментальних макетів коаксіально-щілинних антен, а також самої експериментальної установки, включаючи застосовану методику вимірювання.

6. Також робота не позбавлена описок і дрібних неточностей. Так, наприклад, на стор. 31 і 32 дисертації та на стор. 5 автореферату автор говорить про діапазон робочих довжин хвиль  $\Delta\lambda/\lambda_{сер} = 44\%$  і  $42\%$ , хоча насправді мова йде про значення 0.44 і 0.42.

Проте, зазначені недоліки не знижують позитивного враження від роботи. В цілому вважаю, що дисертаційна робота М.В. Медведєва "Збудження та випромінювання електромагнітних хвиль системою щілин, прорізаних у зовнішньому провіднику коаксіальної лінії" є закінченою науковою роботою, виконана на високому науковому рівні, повністю відповідає всім вимогам, що пред'являються до кандидатських дисертацій та спеціальності 01.04.03 - радіофізика, а її автор - М.В. Медведєв заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 - радіофізика.

Доктор фізико-математичних наук,  
професор кафедри фізичних основ  
електронної техніки Харківського  
національного університету  
радіоелектроніки, професор  
Харбінського політехнічного  
університету, IEEE Senior Member

Г.І. Чурюмов

Підпис проф. Г.І. Чурюмова завіряю:

Учений секретар Харківського  
національного університету  
радіоелектроніки



І.В. Магдаліна

Відгук одержано 10 вересня 2021р.  
Вчений секретар спецради Д 64.051.02

/ Олій Аркуша /