

ВІДГУК

офіційного опонента

д.т.н., с.н.с. Павлікова В. В.

на дисертаційну роботу Васильєва Олександра Сергійовича
“Особливості формування та обробки сигналів автодинного відгуку у
задачах ближньої радіолокації”, подану на здобуття вченого ступеня
кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.03 – радіофізика

Актуальність теми дисертаційної роботи

Радіолокатори ближньої дії, які функціонують у режимі одночасного генерування сигналу на випромінювання та обробки відбитого сигналу, дістали назву автодинних. Сигнал з різницевою частотою з виходу такого радара несе інформацію щодо швидкості руху об'єкту спостереження та дальності до нього. Особливість обробки сигналів у автодинних радарів дозволяє вирішувати задачі радіолокації у діапазоні дальностей від десятків сантиметрів до сотен метрів. Застосування цих радарів досить широке: контроль за малими (декілька міліметрів) переміщеннями, контроль за точністю суміщення різноманітних об'єктів, контроль за рівнем наповнюваності закритих резервуарів, контроль дорожньої обстановки у складі автопілоту автомобіля та ін.

Використання міліметрового (ММ) діапазону хвиль у автодинних радарів забезпечує більш високу точність вирішення задач локації. Це пов'язано з можливістю зміни частоти модуляції сигналу зондування у досить широких межах (1 ГГц і більше). Використанню ММ хвиль сприяють і багаторічні дослідження по розробці нової та вдосконаленню наявної елементної бази цього діапазону, які проводяться у Інституті радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України.

При відомій схемі побудови автодинних радарів та використанні ММ діапазону хвиль є низка невирішених теоретичних питань, пов'язаних, передусім, з наявністю нелінійних ефектів, які присутні у вихідному сигналі. Подальше їх вирішення потребує аналізу застосування радарів у різних постановках задач (об'єкт нерухомий, об'єкт рухомий). На основі цього аналізу необхідно розробити адекватні математичні моделі, що описують роботу

радару та можуть бути використані на етапі проектування для забезпечення оптимальної обробки сигналів. Тому розробка радару та його ґрунтовне дослідження, виконане у дисертаційній роботі Васильєва Олександра Сергійовича, є актуальним.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукові результати, які винесено на захист, отримані переважно експериментальним шляхом з наданням відповідних пояснень ефектів, що спостерігалися. Основну увагу приділено дослідженню різних типів сигналів зондування та аналізу сигналів на виході автодинного радару. При цьому обґрунтовано доцільність використання сигналів зондування з лінійною частотною модуляцією (ЛЧМ), які дозволяють вимірювати дальність до нерухомих і рухомих об'єктів та швидкість їх переміщення. Автором визначаються і обмеження, пов'язані зі складністю обробки сигналів на виході радару, яка є наслідком зміни внутрішніх параметрів генератора, обумовлених процесом модуляції. Для надання рекомендацій щодо побудови радарів з використанням сигналів з ЛЧМ Васильєвим О.С. виконано низку досліджень, серед яких виділяю розробку математичної моделі автодинних систем, виявлення особливостей формування сигналу та його обробки в радарях з широкою смугою перебудови частоти при забезпеченні сталої лінійності модуляційної характеристики генератора.

До нових, одержаних автором результатів, які винесено на захист відзначаю наступні:

- встановлено основні закономірності формування основних характеристик автодинного генератора з різними законами частотної модуляції, що знаходиться під впливом власного випромінювання, відбитого від об'єкта локації;
- розроблено методику цифрового синтезу зондуючого сигналу, що дозволило поліпшити роздільну здатність автодинного радіолокатора;

- розроблено метод підвищення енергетичного потенціалу автодинного радару за рахунок зменшення впливу паразитної амплітудної модуляції шляхом цифрової фільтрації сигналу автодинного відгуку;
- розроблено алгоритм синхронного збору і обробки автодинних сигналів для виключення зі спектру автодинного відгуку паразитних складових, що пов'язані зі стрибком частоти при її модуляції;
- встановлено, що для автодинних генераторів з частотною модуляцією за пилкоподібним несиметричним законом існує «зональний характер» поділу області зондування по дальності (від значень величини нормованої відстані), при цьому показано, що для відбивачів розташованих поблизу меж кожної із зон, характеристики сигналу на виході радару мають квазігармонійний вигляд.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів

Висновки та рекомендації, які наводяться у дисертації, є наслідком ґрунтового опрацювання основних задач дослідження, пов'язаних з аналізом та узагальненням виконаних теоретичних та експериментальних робіт, які виконано дисертантом протягом 2008–2017 років у відділі теорії дифракції та дифракційної електроніки Інституту радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт: «Електродинаміка відкритих резонансних систем і періодичних структур з композитними матеріалами; розробка когерентних джерел і вимірювальних пристроїв міліметрового та субміліметрового діапазонів електромагнітних хвиль» (номер держреєстрації 0107U001082, виконавець), «Розробка нових моделей і методів вивчення тонкої структури електромагнітних полів у діапазонах частот від одиниць мегагерц до десятків гігагерц в природних неоднорідних, анізотропних середовищах і поблизу поверхонь їх розподілу для задач дистанційного зондування і радіолокації» (номер держреєстрації 0111U010476, виконавець), «Електродинаміка відкритих резонансних систем, періодичних структур з композитними матеріалами і антенних систем; прями і зворотні завдання; розробка когерентних джерел, елементної бази і

вимірювальних пристроїв міліметрового і субміліметрового діапазонів електромагнітних хвиль» (номер держреєстрації 0111U010480, виконавець), а також в рамках цільової конкурсної програми «Багатофункціональний радіолокаційний датчик для дистанційного спостереження за наявністю рухомого складу на залізничних гірках, стрілках і переїздах і контролю його швидкості для забезпечення безпеки руху і диспетчерських функцій» (номер держреєстрації 0108U004035, виконавець).

Достовірність отриманих результатів підтверджена передусім експериментальним шляхом. Додатково засвідчую те, що в роботі використані адекватні задачі методи дослідження розсіювання та випромінювання радіохвиль об'єктами природного середовища та математичний апарат.

Основні результати апробовані на вітчизняних і міжнародних наукових та науково-технічних конференціях і досить добре обґрунтовані.

Практичне значення результатів роботи

Рекомендації, отримані у результаті дослідження Васильєвим О.С., доцільно використати для удосконалення характеристик серійних та перспективних автодинних радарів.

Основні практичні результати дисертації полягають у наступному:

- розроблена схема коригування форми сигналу модуляції на вар акторі;
- розроблено експериментальний зразок автодинного напівпровідникового радара мм-діапазону з лінійною частотною модуляцією, функціональність і характеристики якого перевищують відомі аналоги;
- розроблений радар отримав практичне застосування для використання в автоматизованій системі розпуску вагонів і контролю швидкості відчепів при проходженні гальмівної позиції на сортувальних гірках залізничної інфраструктури.

Повнота викладення наукових і прикладних результатів дисертації.

Основні результати за темою дисертаційної роботи опубліковані у 13 роботах, серед яких 9 статей у наукових виданнях, які входять до міжнародних

наукометричних баз (Index Copernicus, Scopus, Google Scholar), 3 роботи у збірниках доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях, і в одній статті, що додатково відображає результати дисертації.

Зміст дисертації у цих публікаціях відображено повністю. Зміст автореферату дисертації відповідає основним положенням дисертації. Стиль викладення матеріалу дисертації логічний та зрозумілий.

Відповідність дисертації встановленим вимогам.

Дисертація є завершеною роботою. Її обсяг, структура, зміст і оформлення повністю відповідають вимогам, що висуваються до дисертацій, які подано на здобуття наукового ступеня кандидата наук. Тематика дисертаційних досліджень відповідає паспорту спеціальності 01.04.03 – радіофізика.

Недоліки та зауваження.

До недоліків дисертації відношу наступні

1. Перший розділ дисертації перевантажено словами при відсутності функціональних схем. Враховуючи, що дисертація технічного спрямування, такий підхід до опису роботи радарів суттєво ускладнює розуміння суті обробки сигналів.
2. Другий пункт новизни містить «поліпшення роздільної здатності», проте не вказано по якому параметру (дальності, швидкості,...).
3. Не зрозуміло звідки з'являються нелінійні спотворення різницевої частоти (сигналу на виході автодинного радару) при відбитті сигналів від нерухомих об'єктів, які розміщуються на різних дальностях відносно радару. Приклад таких спотворень показано на рис. 2.9 (див. стор. 57).
4. На деяких рисунках (див., наприклад, рис. 4.9, 4.11) відсутні позначки блоків або ж деякі стрілки з'єднання.

Не зважаючи на наведені недоліки та зауваження зазначаю, що вони не знижують наукової та практичної цінності виконаних досліджень і отриманих результатів.

Загальні висновки.

Дисертаційна робота Васильєв Олександра Сергійовича на тему “Особливості формування та обробки сигналів автодинного відгуку у задачах ближньої радіолокації” виконана на достатньому науковому рівні, відповідає спеціальності та задовольняє вимогам п. 11 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567. Представлені на захист результати обґрунтовані, достовірні, містять у собі наукову новизну та практичну значимість. Автор роботи Васильєв О.С. заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 - радіофізика.

Офіційний опонент:

декан факультету радіоелектроніки, комп’ютерних систем та інфокомунікацій
Національного аерокосмічного університету

ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

доктор технічних наук, ст. науковий співробітник

 В.В. Павліков

Підпис Павлікова В.В. засвідчую

Учений секретар

кандидат наук держ. управління, доцент

 Ю.А. Нужнова



«9» березня 2018р.