

ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук, провідного інженера відділу оцінки проектів інспекції з внутрішнього контролю та аудиту Державного підприємства обслуговування повітряного руху України Клименко Володимира Олександровича на дисертаційну роботу Задорожного Олександра Сергійовича «Параметричні перетворення у слабоспрямованих антенах гелікоптера», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – «Радіотехнічні та телевізійні системи»

Актуальність теми дисертаційної роботи. Сталий ріст світового попиту на авіап перевезення (кількість полетів на рік зростає удвічі примірно за 15-20 років) обумовив прийняття Міжнародною організацією цивільної авіації Глобальної експлуатаційної концепції організації повітряного руху (ОрПР) - Doc 9854, яка передбачає підвищення безпеки, якості та динамічності процесів ОрПР – організації повітряного простору, організації потоків повітряного руху, обслуговування повітряного руху - за рахунок переходу від секторного к 4D траекторному управлінню повітряним рухом будь-яких літаючих апаратів (ЛА), включаючи повітряні судна як з нерухомим, так і рухомим крилом (гелікоптери, безпілотні ЛА). Концепція базується на глибокій координації у реальному часі діяльності усіх учасників ОрПР, які працюватимуть у рамках єдиної корпоративної авіаційної інформаційної мережі. У Європі створення подібної мережі реалізується у ході програми SESAR (відповідні напрямки WP8 та WP14). Телекомунікації, що підтримують авіаційний електрозв'язок, спостереження, навігацію, відносяться до складових компонентів цієї мережі. Забезпечення стійкості та надійності функціонування телекомунікацій є загальною передумовою підвищення ефективності процесів ОрПР та безпеки польотів. Тому розробка науково-методологічних засад оцінювання впливу обертань несучого гвинта гелікоптера на якість передачі/прийому аналогових або цифрових сигналів є дуже актуальним завданням.

Достовірність наукових результатів підтверджується:

- коректною постановою радіофізичної задачі випромінювання радіохвиль системою «сабоспрямована антена – корпус гелікоптера» (надалі - антенною системою (АС) гелікоптера);



- використання апробованих математичних методів теорії поширення радіохвиль в умовах обраних обмежень;
- використання програмного продукту FEKO, якій вважається фахівцями перевіреним та ефективним інструментарієм комп'ютерного моделювання електромагнітних полів, що випромінюються різноманітними трьохвимірними структурами;
- використання результатів сторонніх експериментальних досліджень для перевірки власних модельних оцінок характеристик спотворення радіосигналу АС гелікоптера;
- використання результатів у ході практичної розробки обладнання зв'язку та передачі даних безпілотних ЛА згідно завдань ряду держбюджетних науково-дослідних робіт.

Ступінь обґрунтування наукових положень, висновків і рекомендацій

На основі науково-обґрунтованого аналітичного огляду опублікованих експериментальних результатів з дослідження ефекту перетворення діаграм спрямованості (ДС) антенних систем гелікоптерів внаслідок обертання несучого гвинта та математичних методів, які можуть бути придатними для моделювання цього ефекту і отримання кількісних оцінок його впливу на відповідні просторові, амплітудні, частотні, фазові пошкодження радіосигналів, автором сформовано концепцію вирішення науково-технічного завдання дисертації, яка включає розв'язання наступних основних задач:

1. За допомогою методів математичного моделювання дослідити вплив несучого гвинта на форму діаграми спрямованості антенної системи гелікоптера, виявити особливості зміни форми ДС в залежності від конструкції, матеріалу виготовлення і кількості лопатей несучого гвинта та місця розташування антени на корпусі гелікоптера; обґрунтувати та оцінити наслідки згаданого впливу.
2. Розробити математичну модель антенної системи з параметричними властивостями і на її основі дослідити спотворення структури корисного сигналу будь-якого типу та вузькосмугової радіозавади на виході штатної антени.
3. Проаналізувати залежність втрат середньої потужності корисного сигналу від відносної амплітуди пульсацій ефективної висоти АС гелікоптера та обґрунтувати рівень допустимого послаблення середньої потужності сигналу в радіоканалі.

4. Розробити метод оцінки імовірності виникнення бітової помилки (BER) в цифровому каналі передачі даних з борту та на борт гелікоптера на прикладі системи ADS-B з застосуванням лінії передачі даних VDL-4.

Загальною цілю автора з'явилась розробка науково-методологічних засад оцінювання характеристик передачі/прийому аналогових або цифрових сигналів АС гелікоптера з параметричними властивостями.

Для виконання вищезазначених завдань і досліджень автор використав рівняння Максвелу, методи теорії поширення радіохвиль в умовах фізичних обмежень, обчислювальні методи прикладної електродинаміки, методи комп'ютерного моделювання електромагнітного випромінювання розподілених систем, метод Фур'є-аналізу, методи теорії імовірності, графоаналітичні методи на основі номограм.

Моделювання параметричного перетворення електромагнітного опромінювання АС гелікоптера автор виконував за допомогою програмного пакету FEKO та засобів його розвинутого графічного інтерфейсу користувача: CADFEKO - для створення моделі; POSTFEKO – для візуалізації результатів. Засоби FEKO дозволяють проводити моделювання характеристик у просторовому, частотному та часовому представленні.

При створенні моделі АС гелікоптера автор використовував метод моментів, якій вважається розробниками та користувачами програмного інструментарію FEKO обґрунтованим науково-методологічним підходом для вирішення задач моделювання електромагнітних полів різноманітних просторових структур. Перевагою цього підходу є можливість описання окремих частин моделі АС гелікоптера різними методами: кінцевих елементів; фізичної оптики; загальної теорії дифракції; геометричної оптики променевого збуджування. Завдяки цьому автору вдалося побудувати лаконічне модельне описання об'єкту дослідження та оптимізувати обчислення по точності та часу.

Для дослідження характеристик параметричного перетворення радіосигналів у АС гелікоптера автор вдало увів у модельний розгляд поняття ефективної висоти антени. Цей прийом дозволив йому обґрунтовано спростити отримання відповідних математичних виразів моделі та досягнути простоти та ясності інтерпретації кінцевих результатів обчислювань.

Для оцінки імовірності виникнення бітової помилки в цифровому каналі передачі даних автор розробив графоаналітичний метод на основі номограм та продемонстрував його логічну коректність та практичну користь

на прикладі систем спостереження ADS-B, що засновані на лінії передачі даних VDL - 4.

Наукова новизна отриманих результатів

Вважаю, що новими науковими результатами дисертації є наступні.

1. Результати моделювання АС гелікоптера методом моментів ФЕКО, які вперше надають кількісну оцінку впливу несучого гвинта на форму діаграми спрямованості АС гелікоптера, визначають залежність діаграми спрямованості АС гелікоптера від кількості лопотів несучого гвинта, місця його розміщення на фюзеляжі, кінематичної схеми, матеріалу виготовлення, а також дозволяють знайти точки розміщення штатної антени гелікоптера, в яких пульсації діаграми спрямованості мінімальні. Запропоновано метод кількісної оцінки нерівномірності пульсуючої діаграми спрямованості антени;

2. Результати моделювання АС гелікоптера з параметричними властивостями, які вперше надають кількісну оцінку спотворення структури корисного сигналу будь-якого типу та вузькосмугової радіозавади на її виході. А саме: на виході цієї АС спектр корисного сигналу збагачується складовими-сателітами, які неможливо відфільтрувати, але вони в свою чергу споживають енергію корисного сигналу, послаблюючи його. При цьому радіозавада також спотворюється, однак її загальна енергія не змінюється, при цьому до неї також додається енергія складових-сателітів. Таким чином відношення сигнал/шум на виході АС суттєво зменшується.

3. Вперше виявлена залежність рівня спектральних складових спотвореного сигналу та вузькосмугової завади від рівня пульсацій ефективної висоти АС гелікоптера, що дозволило обґрунтувати рівень максимального та допустимого послаблення середньої потужності сигналу в радіоканалі.

4. Запропонований автором оригінальний графоаналітичний метод оцінки бітової помилки в цифровому каналі передачі даних з борту та на борт гелікоптера, на прикладі системи ADS-B з застосуванням лінії передачі даних VDL-4 та урахуванням наявності декількох ЛА, який дозволяє знайти допустимий рівень пульсацій ДС при заданій імовірності бітової помилки, та навпаки, знаючи рівень пульсації ДС - знайти мінімально можливе значення імовірності бітової помилки.

Практичне значення отриманих результатів

Отримані в дисертації результати забезпечують підвищення стійкості та надійності функціонування радіотехнічних засобів, що застосовуються у системах авіаційного електрозв'язку, спостереження, навігації у процесі організації повітряного руху, у якому беруть участь літаючі апарати з рухомим крилом.

Запропонований автором графоаналітичний метод обчислення ймовірності бітової помилки в цифрових каналах передавання даних з борту та на борт гелікоптера має важливе практичне призначення, оскільки дозволяє:

- на засадах відомого нормативного значення BER визначати середні значення пульсацій діаграми спрямованості АС «корпус гелікоптера – штатна штирова антена» і порівнювати їх з допустимими значеннями;

- виявляти на корпусі гелікоптера точки можливого розміщення штатної антени, в яких вплив обертань несучого гвинта на параметричні спотворення вихідного сигналу є допустимим.

В цілому результати роботи сприяють підвищенню доступності та цілісності інформації, що транслюється по каналах авіаційного електрозв'язку систем ОрПР та бортових систем попередження зіткнень (ACAS), тобто мають високе практичне значення для підвищення безпеки польотів.

Апробація і публікація результатів

Основні результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на п'яти міжнародних конференціях (з них 2 внесені до міжнародної науково-метричної бази Scopus). За темою дисертації автором опубліковано 12 друкованих праць, включаючи 7 статей в наукових виданнях (з них 7 внесені до міжнародної науково-метричної бази Google Scholar), що визнаються ДАК України.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому, відповідність встановленим вимогам оформлення дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел із 60 найменувань. Робота викладена на 143 сторінках друкованого тексту, містить 39 рисунків. Роботу написано ясною українською технічною мовою. Висновки, наукові та практичні результати дисертації в повній мірі відображають характер виконаних робіт.

Робота достатньо проілюстрована графіками та рисунками, а стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень, висновків забезпечує доступність їх сприйняття.

Автореферат відповідає основним положенням і змісту дисертації.

Дисертація є завершеною науковою працею.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. У дисертації наведена математична модель випромінювання радіохвиль системою «сабоспрямована антена – корпус гелікоптера» для металевих конструктивних елементів гелікоптера (гранична умова (1.1) на стор. 25), але автор не роз'яснює особливості модифікації цієї моделі на випадок використання діелектричних матеріалів для несучого гвинта (п. 1 завдання на стор. 19), хоча деякі модельні характеристики для подібних гвинтів автором надаються, наприклад, на рис. 3 у авторефераті.

2. У дисертації було б доцільно надати більш детальний опис процесу моделювання системи «сабоспрямована антена – корпус гелікоптера» у середовищі FEKO, наприклад навести скріншоти інтерфейсів CADFEKO - щодо основних етапів створення моделі та POSTFEKO - для візуалізації результатів.

3. Для моделей, що створені у роботі, було б доцільно надати оцінки методичних похибок розрахункових характеристик АС гелікоптера з параметричними властивостями внаслідок прийнятих припущень або спрощень.

4. Викладення матеріалу дисертації має деякі змістові та стилістичні недоліки, наприклад:

– викладення формулювання п. 3 на сторінці 134 призводить до деяких труднощів розуміння змісту самого висновку - краще цей висновок надати у редакції абзацу 3 сторінці 19;

– у абзаці 4 на стор. 20 термін «мінімальне» скоріш слід змінити на «максимальне», оскільки саме максимальні значення параметра, що оцінюється, повинне порівнюватися з встановленим до нього нормативним значенням;

– на стор. 27 надається невірна посилка (4.6) замість (1.6);

– другій абзац на стор. 53 потребує редакційного корегування відповідно до факту: на вхід антени у режимі передачі потрапляють не електромагнітні хвилі, а саме електричні сигнали;

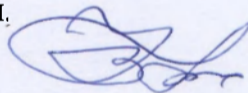
– не надані визначення окремих параметрів деяких формул, наприклад, щодо параметрів r та k у формулі (1.36) на стор. 55, R_y - у (1.39) на стор. 56.

Зазначені недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку наукових і практичних результатів дисертації, яка, на мою думку, робить суттєвий внесок в подальший розвиток вітчизняної науки щодо створення науково-методологічних основ дослідження характеристик АС гелікоптера з параметричними властивостями.

Висновок

Дисертація Задорожного О. С. «Параметричні перетворення у слабоспрямованих антенах гелікоптера» є закінченою науковою працею, у якій вирішено актуальну наукову задачу, що має теоретичне та практичне значення, відповідає паспорту спеціальності та вимогам п. 11, п. 12 та п. 13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» Департаменту атестації кадрів Міністерства освіти і науки України, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567, які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор Задорожний Олександр Сергійович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 - «Радіотехнічні та телевізійні системи».

Провідний інженер відділу оцінки проектів
інспекції з внутрішнього контролю та аудиту
Державного підприємства
обслуговування повітряного руху України,
кандидат технічних наук



В.О. Клименко

