

67-72-108/2
07.11.16

Відгук

офіційного опонента на дисертаційну роботу Вовчука Дмитра Анатолійовича «Елементи широкосмугових засобів зв'язку на основі детермінованого хаосу та провідникових метаструктур», подану до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Актуальність теми.

В умовах сучасного розвитку систем передавання інформації виникає необхідність залучення нових підходів до вирішення задач удосконалення та розроблення окремих вузлів приймально-передавальних блоків систем зв'язку та систем зв'язку в цілому. В наш час є досить актуальним розроблення завадостійких засобів зв'язку та систем прихованого передавання та зберігання інформації, а також перехід від аналогових до цифрових телекомунікаційних систем.

Останнім часом досить популярним стало використання сигналів детермінованого хаосу та псевдовипадкових послідовностей для створення захищених систем зв'язку. Завдяки неймовірному поєднанню характеристик сигналів детермінованого хаосу, що проявляють властивості як чисто випадкових сигналів, так і властивості повністю визначених у часі та просторі коливань.

Слід зауважити, що використання детермінованих хаотичних сигналів у системах зв'язку вимагає виконання низки умов, однією з яких є забезпечення широкосмуговості, особливо у ВЧ та НВЧ діапазонах. Невиконання цієї умови веде до значних спотворень інформації у каналі зв'язку, внаслідок чого має місце неякісне відновлення даних, що передаються.

Автором роботи запропоновано новий та досить оригінальний підхід розв'язання поставленої задачі шляхом використання метаструктур при реалізації антенних конструкції системи зв'язку.

Науково-прикладна проблематика, якій присвячена дисертаційна робота, полягає у розробленні способів прихованого передавання інформації з

використанням явища детермінованого хаосу та елементів телекомунікаційних систем на їх основі.

Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі радіотехніки та інформаційної безпеки Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича і відповідає її науковим напрямкам “Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв та засобів телекомунікацій і інформаційних технологій” (Держ. реєстр. №0111U000183) та “Методи та засоби передавання, оброблення і зберігання інформації в інфо-комунікаційних системах” (Держ. реєстр. №0116U001433)

Метою дисертаційної роботи є розширення функціональних можливостей вузлів засобів зв'язку на основі сигналів детермінованого хаосу та провідникових метаструктур, що дає змогу покращити характеристики завадостійкості та прихованості інформації у каналі зв'язку.

Для досягнення поставленої мети автору було необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести аналіз сучасного стану систем прихованого передавання інформації на основі повної синхронізації хаосу. Здійснити підбір найбільш оптимального для проведення досліджень генератора хаотичних коливань.

2. Розробити спосіб прихованого передавання цифрової інформації, що дозволив би усунути більшість недоліків, притаманних існуючим системам.

3. Дослідити рівень прихованості інформації у каналі зв'язку на основі кореляційного аналізу, аналізу спектральних та статистичних характеристик.

4. Дослідити можливість підвищення швидкодії систем зв'язку та збільшення інформаційної ємності хаотичних коливань шляхом розширення спектру сигналів, генерованих схемою Чуа.

5. Дослідити процеси генерування хаотичних сигналів генератором Колпітца, як найбільш перспективним широкосмуговим генератором для захищених систем зв'язку. Здійснити модифікації генератора з метою забезпечення процесів генерування хаотичних сигналів зі статистичними і спектральними характеристиками, близькими до характеристик шумів.

6. Дослідити властивості структур з паралельно розміщених металевих провідників з метою їх використання у широкосмугових системах передавання інформації.

7. Розробити структуру на основі провідникових метасередовищ, що покращує процес широкосмугового випромінювання електромагнітних сигналів у вільний простір, з метою її використання в передавальній частині антенних систем.

В процесі вирішення поставлених задач, автором були досягнуті наступні вагомні **наукові результати**:

– Уперше запропоновано та експериментально підтверджено можливість використання структур з паралельних провідників як напрямних середовищ для систем зв'язку з хаотичним маскуванням інформації у діапазоні частот до 12 ГГц. Уперше запропоновано і змодельовано невпорядковану провідникову структуру як антенну конструкцію та експериментально підтверджено можливість її використання для розширення діапазону робочих частот дипольного випромінювача із довжиною плеча 12,5 мм від 2 до 5 ГГц та забезпечення широкосмугового випромінювання набору загасаючих ЕМ сигналів у діапазоні частот 1,08...1,46 ГГц;

– Набув подальшого розвитку метод генерування хаотичних сигналів генератором Колпітца на біполярному транзисторі, шляхом уведення додаткових реактивних елементів, що дало змогу розширити спектр генерованих сигналів до 160 МГц та покращити показники прихованості – математичного сподівання, дисперсії, асиметрії та ексцесу, що, відповідно, становили $\mu = 0$, $\sigma = 0,99$, $A = 0,1$ та $E = 0,25$;

– Удосконалено спосіб хаотичного маскування цифрової інформації на основі повної синхронізації хаосу, що полягає у цифровій маніпуляції гармонічного чи хаотичного сигналів з їх подальшим маскуванням. Новизну способу підтверджено патентом України на корисну модель. Це уможливило створення систем зв'язку з вищим на два порядки рівнем конфіденційності та стійкості до дії шумів і завад у каналі зв'язку, в порівнянні з існуючими схемами цифрового зв'язку на основі повної синхронізації хаосу.

Отримані Вовчуком Д.А. наукові результати можуть знайти своє **практичне застосування** при розробленні систем прихованого передавання інформації в умовах високого рівня шумів у каналі зв'язку, а також для синтезу генераторів хаотичних та шумових коливань, що базуються на схемах Чуа та Колпітца і забезпеченні антенних конструкцій як широкосмугових пристроїв передавання електромагнітних сигналів.

Частково результати дисертаційної роботи знайшли своє застосування при дослідженнях процесів збудження потужних біполярних транзисторів у комунікаційних пристроях, що базуються на ємнісній трьохточці (ОКБ «Рута»), при передаванні цифрових інформаційних сигналів у системах зв'язку (ПАТ «Укртелеком»), що підтверджено відповідними актами впровадження.

Результати виконання дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових працях: 5 робіт – у наукових фахових виданнях, серед яких 1 – у журналі, що цитується в Scopus, ще 2 – у провідних закордонних журналах та 2 – у наукових журналах, що включені до переліку наукових фахових видань МОН України; отримано 1 патент України на корисну модель; 11 праць представлено тезами конференцій, з них 10 – міжнародних, 2 з яких відбулися за кордоном.

Апробація результатів дисертаційної роботи охоплює широку географію, що були предметом обговорень наукових семінарів кафедри радіотехніки та інформаційної безпеки Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича; наукових семінарів літньої школи докторантів та аспірантів “Evolutionary Computing in Optimization and Data Mining (ECODAM, Iasi, Romania)” 2014 та 2016 років; наукових семінарах дослідницької групи “Theoretical and Applied Electromagnetics of Complex Media” кафедри Radio Science and Engineering (Aalto University, Espoo, Finland) 2014-2015 рр. та низки Всеукраїнських та міжнародних конференцій.

Загальна характеристика дисертаційної роботи.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, бібліографічного списку використаних джерел, додатку. Загальний обсяг роботи становить 149 сторінок друкарського тексту, із них 14 сторінок вступу,

106 сторінок основного тексту, 63 рисунки, 1 таблиця, список використаних джерел з 223 найменувань, 1 додаток на 4 сторінках.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, чітко сформульовано мету і поставлено задачі досліджень, визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, представлені методи, об'єкт і предмет досліджень, зазначено особистий внесок здобувача, а також дані щодо публікацій за темою дисертації.

У *першому розділі* автором здійснено аналіз літературних джерел, що стосуються використання детермінованого хаосу в системах зв'язку та розглянуто перспективи розширення функціональних можливостей телекомунікаційних вузлів шляхом використання метаматеріалів, що забезпечують передавання сигналів у широкій смузі частот.

У *другому розділі* запропоновано модифікацію схеми хаотичного маскування для прихованого цифрового зв'язку, відновлення інформації в якій базується на явищі повної синхронізації хаосу. Шляхом комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень автором підтверджено працездатність запропонованої схеми передавання інформації, вивчено рівень прихованості і стійкості інформації до впливу шумів та завад.

У *третьому розділі* розглядається можливість підвищення швидкості передавання інформації у системах зв'язку, що використовують детермінований хаос шляхом розширення спектральних характеристик хаотичних сигналів схеми Чуа. Автором також проведено модифікування генератора Колпітца на біполярному транзисторі, що дозволило наблизити статистичні характеристики генерованих ним хаотичних сигналів до відповідних характеристик шумів.

У *четвертому розділі* проведено дослідження передавальної частини системи зв'язку, запропоновано структури на основі провідникових метаматеріалів, що дозволило створити антенну конструкцію для систем прихованого передавання інформації на основі детермінованого хаосу з унеможливленням фільтрації сигналів у каналі зв'язку, наслідком якої є погіршення якості передавання інформації.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. Недостатньо обґрунтовано вибір модифікування схем, що працюють на основі явища повної синхронізації хаосу.

2. Порівняння завадозахищеності модифікованої схеми хаотичного маскування здійснено тільки із схемою з перемиканням хаотичних режимів.

3. Чисельні результати дисертаційної роботи в пункті 3.2 не підтверджено експериментальними дослідженнями.

4. Вважаю, що назва третього розділу «Підвищення швидкості передавання інформації системи з використанням детермінованого хаосу» вибрана не досить вдало, оскільки у розділі висвітлені не тільки питання щодо розширення спектральної смуги хаотичних сигналів, але і розглядаються можливі методи покращення їх шумових характеристик.

5. Робота не позбавлена граматичних помилок, зокрема: у п'ятому пункті завдань досліджень написано «Дослідити процеси генерування хаотичних сигналів генератором Колпітца, як найбільш перспективним широкосмуговим генератором для захищених систем зв'язку...», хоча правильно «Дослідити процеси генерування хаотичних сигналів генератором Колпітца, як найбільш перспективного широкосмугового генератора для захищених систем зв'язку...»; на сторінці 61 у формулі (2.14) пропущено «)»; замість «модифікація» доцільніше використовувати «модифікування» та ін.

Висновки.

1. Вважаю, що тема дисертаційної роботи Вовчука Д.А. повністю відповідає паспорту спеціальності 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій, отримані нові наукові результати не викликають сумнівів та вирішують поставлені перед дисертантом задачі.

2. Роботу написано технічно грамотно, її зміст логічно взаємопов'язаний, поставлені задачі вирішувались з використанням різноманітних підходів, що включали в себе чисто теоретичний опис та математичні моделі, імітаційне моделювання схем передавання та експериментальні підтвердження отриманих чисельним методом результатів, висновки до дисертаційної роботи викладені чітко та відображають отримані основні результати.

3. Основні результати досліджень були представлені та широко апробовані в Україні і за кордоном на різноманітних семінарах та конференціях, опубліковані в рейтингових журналах, фахових виданнях, що входять до переліку ВАК України, отримано один патент України на корисну модель та включають в себе як одноосібні роботи так і праці у співавторстві.

4. Враховуючи значимість отриманих наукових і практичних результатів вважаю, що дисертаційна робота «Елементи широкосмугових засобів зв'язку на основі детермінованого хаосу та провідникових метаструктур», є завершеною науково-дослідною роботою, відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старший науковий співробітник», а її автор Вовчук Дмитро Анатолійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 - радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри радіоелектронних
апаратів і телекомунікацій
Хмельницький національний університет

О.С. Пивовар

Підпис кандидата технічних наук, доцента Пивовара О.С. засвідчую.

Перший проректор,
проректор з науково-педагогічної
та наукової роботи
Хмельницького національного університету
професор, доктор економічних наук



Войнаренко М.П.