

ВІДГУК

офіційного опонента д.т.н., професора Почерняєва Віталія Миколайовича на дисертаційну роботу Шестоपालа Євгенія Олександровича на тему «Методи покращення енергетичної ефективності та скритності цифрових радіорелейних систем передачі», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі, складений на підставі вивчення дисертації та наукових праць дисертанта

Актуальність теми полягає в тому, що цифрові радіорелейні системи передачі (ЦРРСП) з кодовим розподілом каналів з широкосмуговими сигналами (ШСС) може застосовуватися, як для військових цілей (питання обороноспроможності та національної безпеки), так і для цивільних цілей (швидка побудова стільникових та інших бездротових мереж зв'язку). Тому, вирішується науково-прикладна задача, що складається з двох частин: збільшення енергетичної ефективності та збільшення скритності передачі інформації.

Автору роботи довелося займатися, як пошуком відповідного ансамблю багатопозиційних сигналів, так і уточненням структури сигналів. Об'єднання цілого ряду питань обробки сигналів дозволило сформулювати рішення, актуальне для кількох відомств. Подібні цифрові багатоканальні системи НВЧ діапазону наземного базування мають, як правило, подвійне застосування. Їх використовують в інтересах «силових» структур, таких як Міністерство оборони України, Служба безпеки України, Міністерство внутрішніх справ України, Національна гвардія України, Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України. Тому, актуальність теми не викликає сумнівів.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, основних результатів і висновків по роботі, трьох додатків і списку використаних джерел. Матеріал дисертації викладено у логічній послідовності відповідно до поставленої мети і сформульованих задач досліджень. Їх рішення розкрито повністю, матеріал викладено грамотно з використанням технічної мови. Зміст автореферату дисертації ідентичний до змісту дисертації і відображає основні положення роботи.

Зміст дисертації, об'єкт і предмет дослідження відповідають паспорту спеціальності 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі, як за формулою спеціальності, так і за напрямом дослідження.

Характеризуючи роботу, хочеться відмітити, що у рішенні двох серйозних науково-прикладних завдань - підвищення енергетичної ефективності та скритності ЦРРСП, дисертант мав сміливість «взятися» за адаптивну систему, яка в процесі функціонування «самоналаштується» або «самонавчається». Саме практика змушує звернутися до використання складних систем, а адаптивна система відноситься саме до таких складних систем за браком апріорних статистичних відомостей або апріорної невизначеності каналу передачі інформації. Така система повинна адаптуватися до реальних зовнішніх умов тому, що різні статистичні характеристики каналів зв'язку не завжди є відомими. Щоб їх визначити, тобто подолати «апріорну трудність», слід «набирати статистику». Це здійснюється в процесі функціонування системи, тобто одночасно з рішенням основного завдання даного радіотехнічного комплексу.

Відмінною рисою адаптивних систем є те, що вони «набирають статистику», отримують і використовують інформацію в процесі функціонування радіотехнічного комплексу за основним призначенням. Вразливим місцем адаптивних систем є запізнювання зміни параметра передавача, щодо початку зміни умов поширення сигналу. Наприклад, для тропосферних і радіорелейних ліній при довжині траси до 600 км це становить 10 ... 20 мс. За цей час параметри тракту поширення сигналу можуть істотно змінитися. Тому, слід враховувати вплив часу запізнювання адаптивного параметра на характеристики радіотехнічної системи. Як правило, це досягається компромісом з глибиною регулювання вихідної потужності передавача.

Одним з напрямків створення сучасних модемів засобів передачі інформації НВЧ діапазону є їх універсальність у вигляді багатошвидкісної платформи, що відповідає в одних випадках енергетичній ефективності, а в інших випадках - спектральній ефективності. Це обумовлено подвійним застосуванням ЦРПС з кодовим розподілом каналів з ШСС. В роботі проаналізовано застосування багатопозиційних сигналів двох основних груп: з об'ємно-сферичним та з поверхнево-сферичним укладаннями. Для прийому сигналу з об'ємно-сферичним укладанням (ці сигнали реалізуються, як амплітудно-маніпульовані) необхідно підтримувати постійний рівень сигналу на вході демодулятора і формувати кілька порогових рівнів в демодуляторі, що представляє певні складності. Крім того, передавач сигналів з об'ємно-сферичним укладанням повинен працювати в лінійному режимі. Для сигналів з поверхнево-сферичним укладанням пошук найкращих ансамблів сигналів здійснюється шляхом знаходження сигнальних точок у вузлах просторової решітки, що має регулярну структуру. Такі сигнали поверхнево-сферичного укладання реалізуються, як сигнали фазової маніпуляції з числом M-позицій фази. Енергетична ефективність досягнута на підставі комбінації сигналів з об'ємно-сферичним та поверхнево-сферичним укладаннями в залежності від швидкості їх передачі.

Псевдовипадкова послідовність на основі хаосу використовується не тільки в станціях-постановниках завод, але і для вирішення завдання скритності переданої інформації. Відомо, що хаотична імпульсна послідовність є однією з ефективних «силових» завод. Сигнали з псевдовипадковою послідовністю характеризуються великою базою (відношення смуги частот до інформаційної швидкості) або в англійській літературі - виграшем обробки. Використання псевдовипадкової послідовності на основі хаосу дозволило отримати виграш обробки близько 20 дБ. Якщо потрібно приховати присутність сигналів від приймачів, які перебувають поблизу заданого приймача, сигнал слід передавати на низькому рівні потужності. Заданий приймач може відновити сигнал за рахунок виграшу обробки. Кількісні характеристики, отримані в роботі, дозволяють віднести сигнали з псевдовипадковими послідовностями на основі хаосу до сигналів, що мають низьку ймовірність бути перехопленими (сигнали LPI в англійській літературі). Скритність передачі інформації підвищується до 3 дБ.

У вступі визначено актуальність теми, зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету роботи та задачі дослідження, визначені об'єкт та предмет дослідження, визначені методи дослідження, наведено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, вказано особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію та публікацію результатів дисертації.

У першому розділі проведено аналіз літературних джерел з використанням яких наведена загальна характеристика ЦРПС. Наведені технічні характеристики сучасних ЦРПС.

Другий розділ присвячено дослідженню впливу видів модуляції на потужність передавачів ЦРРСП з кількісною оцінкою енергетичних характеристик систем. Показано, що найбільший енергетичний вигравш досягається при використанні сигналу ФМ-4.

В третьому розділі розглядаються методи здійснення автоматичного регулювання потужності НВЧ передавачів ЦРРСП. В роботі досягнута глибина регулювання вихідної потужності передавача в межах 20 дБ.

Четвертий розділ присвячено ЦРРСП з кодовим розподілом каналів з ШСС. Цей розділ має найбільшу практичну значимість в роботі, але на мій погляд, не виправдано «роздутий» в авторефераті. Тут, також, дисертант виявив певну сміливість, взявшись за розрахунок, нехай і наближений, функції невизначеності або автокореляційної функції (АКФ) для сформованого сигналу на основі хаотичної псевдовипадкової послідовності. В роботі розраховані одномірні АКФ для різних хаотичних псевдовипадкових послідовностей, що пов'язано з досить громіздкими обчисленнями. Стиснутий сигнал піддається згортанню в лінійному фільтрі. Якщо це узгоджений фільтр, то сигнал на його виході збігається з АКФ стиснутого сигналу. Зазвичай, ціною деякого зниження завадостійкості домагаються поліпшенню співвідношення основного значення і бічних пелюсток стиснутого сигналу, тобто відношення сигнал/шум зменшується приблизно на 20%. При використанні хаотичної псевдовипадкової послідовності мінімізація бічних пелюсток стиснутого сигналу досягнута при зменшенні відношення сигнал/шум приблизно на 10%.

У висновках наведені основні результати дисертаційної роботи, які вирішують сформульовану науково-прикладну задачу. В роботі визначені об'єкт та предмет дослідження. Основні кількісні характеристики є в наукових працях дисертанта.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі, полягає в тому, що теоретичні дослідження базуються на фундаментальних положеннях теорії електров'язку. Математичний апарат адекватний задачам, що поставлені в дисертаційній роботі. Достовірність отриманих автором результатів підтверджується на декількох рівнях дослідження, включаючи комп'ютерне моделювання та впровадження результатів в навчальний процес.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Одержали подальшого розвитку методи підвищення енергетичної ефективності ЦРРСП шляхом використання багатопозиційних фазоманіпульованих та амплітудно-маніпульованих сигналів, що надало змогу досягти мінімальної потужності передавачів з вигравшем від 2,7 дБ в порівнянні з іншими видами маніпуляції.

2. Одержав подальшого розвитку метод визначення відношення сигнал/шум та окремо сигналу помилки, які використані для створення адаптивних систем автоматичного регулювання потужності НВЧ передавачів ЦРРСП, що надало змогу при наявності опадів зменшити до 15 дБ на частоті 10 ГГц мінімальну потужність передавачів, необхідну для заданої ймовірності помилки приймання сигналу.

3. Одержав подальшого розвитку метод підвищення скритності передачі інформації в ЦРРСП з кодовим розподілом каналів з ШСС шляхом використання псевдовипадкової послідовності на основі хаосу, що надало змогу підвищити скритність передачі інформації до 3дБ.

4. Удосконалено ЦРРСП з кодовим розділенням сигналів в двох антенних каналах, в яких передається широкопasmовий сигнал, створений з використанням модифікованої псевдовипадкової послідовності Голда, що дало змогу забезпечити збільшення на 6 дБ відношення сигнал/шум на вході демодуляторів.

Практичне значення одержаних результатів.

Одержані в дисертації результати доведені до можливості їх прикладного інженерного використання при розробці ЦРРСП згідно вимог технічного завдання.

Виконані дослідження впливу видів маніпуляції сигналу на енергетичну ефективність ЦРРСП показали, що найкращі результати дає використання сигналу ФМ-4. Для систем адаптивного автоматичного регулювання потужності НВЧ передавачів ЦРРСП визначено відношення сигнал/шум та окремо рівень сигналу, що дозволяє шляхом використання цифрового обчислювального пристрою визначити рівень сигналу помилки. При проектуванні ЦРРСП з кодовим розподілом каналів пропонується створювати ШСС з використанням псевдовипадкової послідовності, складених за модулем «2» із двох псевдовипадкових послідовностей на основі хаосу. Використання ЦРРСП з кодовим розподілом каналів з ШСС, що передається в двох окремих антенних каналах забезпечує високу скритність сигналів в інтересах «силових» відомств. Практична цінність дисертаційної роботи полягає у впровадженні одержаних результатів, сформульованих положень та висновків.

За результатами дисертаційної роботи здійснено 11 публікацій, з них: 2 - Scopus, 6 - фахові видання України, в т.ч. 1 - Index Copernicus, 3 - тези міжнародних науково-технічних конференцій, 1 стаття в зарубіжному періодичному виданні та одержано 1 патент України на корисну модель.

Слід висловити наступні зауваження до роботи:

1. При аналізі впливу видів модуляції на енергетичну ефективність ЦРРСП не розглянута маніпуляція з мінімальним частотним зсувом та частотна маніпуляція з безперервною фазою.

2. Не приведені кількісні показники затримки адаптованого параметру сигналу на характеристики радіотехнічної системи.

3. Графік залежності ймовірності помилки приймання амплітудно-маніпульованого сигналу від відношення сигнал/шум, що наведено на рис.2.12, не відповідає дійсності.

4. Не вірно викладені терміни АМ та ФМ в анотації на англійській мові.

5. У авторефераті є синтаксичні, граматичні, стилістичні помилки.

6. На рис.2 автореферату не розшифровано значення гістограми.

7. На рис.4 автореферату не розкрита суть рисунків а) та б).

8. В авторефераті некоректно викладена формула (3).

Але, вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

В результаті опрацювання представленої дисертації, автореферату та наукових робіт дисертанта можна зробити висновок, що дисертаційна робота відповідає вимогам ДАК України.

1. Дисертація Шестопала Євгена Олександровича на тему «Методи покращення енергетичної ефективності та скритності цифрових радіорелейних систем передачі» є завершеною науковою працею, що характеризується єдністю змісту і в якій одержані нові наукові

результати, що в цілому є суттєвими для розвитку інфокомунікаційних технологій. Автореферат дисертації за своєю структурою і змістом відповідає дисертації. У тексті дисертації та автореферату використано сучасну науково-технічну термінологію. Дисертація та автореферат оформлені відповідно до вимог ДАК МОН України.

2. Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі.

3. Згідно з пунктами 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів» робота відповідає вимогам, що пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, а її автор, Шестопап Євген Олександрович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 - телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри «Телекомунікації» інституту
інфокомунікацій та програмної інженерії
Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку


Почерняєв В.М.

Підпис професора Почерняєва В.М. засвідчую



Ваша
Карачуня Ф.О.