

Голові спеціалізованої вченої ради Д
26.062.19. в Національному авіаційному
університету
д.т.н., проф.. Козловському В.В.
03058, м. Київ, пр. Любомира Гузара, 1.

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Туровського Олександра Леонідовича

«Моделі та методи підвищення точності роботи систем фазової синхронізації супутникових телекомунікацій в режимі стеження за несучою частотою»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – «Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій»

Ступінь актуальності обраної теми дослідження.

Сучасні наукові дослідження та пов'язані з ними дослідницько-конструкторські роботи в напрямку підвищення ефективності застосування систем супутникових телекомунікацій вимагають постійного вирішення наукового завдання по забезпеченню якості демодуляції вхідних сигналів, яка безпосередньо пов'язана з підвищенням точності роботи систем фазової синхронізації когерентних демодуляторів вхідного сигналу супутникової телекомунікації.

Аналіз останніх досліджень та наукових публікацій свідчить про те, що процеси підвищення ефективності роботи існуючих систем фазової синхронізації вичерпали свою можливість. Це обумовлено протиріччями та обмеженнями, що притаманні існуючим системам синхронізації закритого типу по мінімізації дисперсії фазової помилки та неможливістю покращання їх роботи по двом та більше суперечливим показникам в умовах підвищення сучасних вимог до обсягу та швидкості обробки вхідних даних.

Проблема точної оцінки фази вхідного сигналу посилюється рядом певних особливостей функціонування систем супутникових телекомунікацій при прийомі вхідного сигналу. Однією таких особливостей є частотна невизначеність вхідного сигналу, яка породжує проблему початкової синхронізації вхідного сигналу по фазі та вимагає точної оцінки частоти його несучого коливання. Проблема оцінки несучої частоти посилюється різними режимами прийому вхідного сигналу, його низькою енергетикою та необхідністю врахування впливу «сусідніх» каналів прийому вхідних даних. Все це породжує нову науково-прикладну проблему по підвищенню точності

роботи систем фазової синхронізації когерентних демодуляторів супутникових телекомунікацій в режимі стеження за несучою частотою, вирішення якої є актуальною науковою задачею.

Вирішення вказаної проблеми передбачає розробку моделей та методів підвищення точності роботи систем фазової синхронізації когерентних демодуляторів супутникових телекомунікацій в режимі стеження за несучою частотою, чому присвячена дисертаційна робота Туровського О.Л.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Одержані автором наукові положення, результати та висновки базуються на ретельному багатосторонньому системному аналізі процесів що протікають в супутникових телекомунікаціях загалом та безпосередньо в когерентних демодуляторах в ході прийому та обробки вхідних сигналів. Під час проведення досліджень автор використовує відомі факти та наукові положення в галузі супутникових телекомунікацій.

Для обґрунтування напрямків та шляхів дослідження автор спирається на проведений особисто аналіз недоліків та невідповідностей функціонування системи фазової синхронізації в ході стеження за несучою частотою. Вірно обґрунтовує наукові підходи, методи та способи їх застосування. Одержані результати базуються на коректному використанні відомих методів наукових досліджень, підтверджується результатами аналітичних доведень через математичні перетворення та комп'ютерне моделювання.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій. При проведенні досліджень автор використовує відомі підходи та методи математичного аналізу й синтезу складних технічних систем. Аналітичні та математичні методи дослідження спираються на класичні методи теорії сигналів і систем, методи спектральної теорії, методи теорії інваріантності, методи математичного й системного аналізу, методи теорії зв'язку, теорії ймовірності і математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

– набув подальшого розвитку метод оцінки можливості систем фазової синхронізації супутникових телекомунікацій до підвищення якості функціонування в сталих та перехідних режимах стеження за несучою частотою, який, на відміну від відомих, забезпечує більш стійке функціонування систем фазової синхронізації;

– вперше розроблено модель синтезу комбінованої системи фазової синхронізації супутникової телекомунікації, яка, на відміну від існуючих, забезпечує підвищення порядку астатизму та мінімізацію дисперсії фазової помилки системи синхронізації в ході стеження за несучою частотою;

– вперше розроблено метод побудови комбінованої схеми системи фазової синхронізації супутникової телекомунікації, який, на відміну від

існуючих, дозволяє розробити комбіновану схему системи фазової синхронізації при умові мінімізації дисперсії фазової помилки з врахуванням зовнішніх та внутрішніх чинників впливу на ефективність системи в сталих режимах роботи;

– вперше розроблено метод підвищення ефективності роботи комбінованої схеми системи фазової синхронізації супутникової телекомунікації в перехідних режимах роботи, який, на відміну від існуючих дозволяє зменшити перехідну складову фазової помилки та час перехідного процесу в комбінованій системі синхронізації в ході стеження за несучою частотою;

– удосконалено метод підвищення ефективності оцінки несучої частоти в супутникових телекомунікаціях, який на відміну від існуючих забезпечує дисперсію оцінки, близьку до теоретичних границь та враховує особливості прийому та обробки сигналу системами синхронізації когерентних демодуляторів супутникових телекомунікацій;

– удосконалено метод розрахунку нижньої границі дисперсії оцінки несучої частоти, який, на відміну від відомих, забезпечує отримання критерію, призначеного для порівняльної оцінки теоретичної границі та отриманого значення дисперсії оцінки несучої частоти когерентним демодулятором супутникової телекомунікації;

– вперше розроблено методи оцінки несучої частоти для когерентних демодуляторів супутникових телекомунікацій, які, в відмінності від існуючих, дозволяють отримати значення мінімально граничних дисперсій оцінки, близьких до теоретичних границь для безперервного та пакетного режимів прийому сигналу супутниковими телекомунікаціями.

Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих працях.

Основні положення та зміст дисертації оприлюднені в 35 наукових працях, серед яких 24 статті та 11 тез доповідей та матеріалів конференцій.

З 24 наукових статей: 3 опубліковані періодичних наукових виданнях іноземних держав, які індексуються наукометричною базою Scopus; 1 стаття опублікована в періодичному науковому виданні держави, яка входить до Організації економічного співробітництва та розвитку та/або Європейського Союзу; 20 наукових статей опубліковано у виданнях, включених до “Переліку наукових фахових видань України”, з них 10 опубліковані одноосібно.

З 11 тези доповідей 3 опубліковано в збірниках наукових конференцій, що індексуються міжнародною наукометричною базою Scopus.

Одержанні наукові результати дисертаційної роботи в повній мірі опубліковані та апробовані в статтях та тезах доповідей.

Практичне значення результатів дослідження полягає у наступному:

– розроблено модель синтезу комбінованої системи фазової синхронізації когерентних демодуляторів, яка дозволяє синтезувати комбіновані системи синхронізації з підвищеним до другого та вище порядком астатизму;

– побудовано схему системи синхронізації когерентного демодулятора супутникової телекомунікації, яка, при зменшенні до 80% значення дисперсії фазової помилки несучої частоти дозволяє до 2.5 і більше раз збільшити швидкодію системи в сталому режимі роботи, до 2-3 раз зменшити час перехідного процесу та до 18-20% знизити перехідну складову фазової помилки в порівнянні з існуючими системами синхронізації замкнутого типу.

– уточнено метод визначення теоретично можливої нижньої границі дисперсії оцінки несучої частоти для когерентних демодуляторів супутникових телекомунікацій який надає змогу встановити кількісні характеристики мінімальної дисперсії оцінки при наявності інформації про всі параметри сигналу;

– розроблено метод двоетапної оцінки несучої частоти когерентними демодуляторами в безперервному режимі прийому сигналу супутниковими телекомунікаціями, який враховує вплив «сусідніх» каналів прийому вхідних сигналів та забезпечує оцінку несучої частоти з дисперсіями, що на один – три порядки менше значення дисперсій, отриманих за допомогою існуючих алгоритмів оцінки в інтервалі відношення сигнал/шум від 1 до 6 дБ;

– розроблено метод двоетапної оцінки несучої частоти для когерентних демодуляторів в пакетному режимі прийому сигналу супутниковими телекомунікаціями, який має просту процедуру обрахунку та забезпечує дисперсію оцінки несучої частоти сигналу, максимально наближену до теоретично можливої нижньої границі дисперсії оцінки.

Дослідження проводились згідно напрямків наукової роботи кафедри засобів захисту інформації Національного авіаційного університету в межах однієї науково дослідної роботи та реалізовані в навчальному процесі Національного авіаційного університету. Одержані результати роботи також впроваджені в діяльність АТ «Мотор Січ» та Центрального НДІ озброєння і військової техніки ЗСУ, реалізовані при виконанні трьох науково-дослідних робіт та впроваджені в навчальний процес Державного університету телекомунікацій.

Всі впровадження та реалізації отриманих в роботі результатів підтверджуються відповідними актами.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та відповідності встановленим вимогам. Дисертаційне дослідження автора є самостійним, оригінальним, завершеним науковим дослідженням, у якому вирішено нове актуальне наукове завдання .

В вступі подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовану мету та задачі дослідження.

Визначено об'єкт, предмет дослідження, розкрито зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами досліджень Національного авіаційного університету. Вступ містить наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів, публікації, особистий внесок здобувача, відомості про апробацію та практичне впровадження результатів.

Перший розділ дисертаційної роботи включає аналіз особливостей роботи систем фазової синхронізації когерентного демодулятора супутникової телекомунікації в режимі стеження за несучою частотою, особливості оцінки несучої частоти когерентними демодуляторами. В ньому визначено основні завдання, які необхідно вирішити для розроблення та створення моделей та методів підвищення точності роботи систем фазової синхронізації когерентних демодуляторів супутникових телекомунікацій в режимі стеження за несучою частотою

В другому розділі проведено синтез та отримано модель комбінованої системи синхронізації з розімкнутим зв'язком при умові підвищення порядку астатизму. На основі синтезованої моделі розроблено метод побудови схеми системи синхронізації з простим та складним розімкнутим зв'язком при умові мінімізації дисперсії фазової помилки на фоні впливу адитивного гаусівського шуму. Вказаний метод забезпечує мінімум дисперсії фазової помилки в процесі синхронізації вхідного сигналу та дає змогу врахувати вплив фазової нестабільності опорних генераторів, обмеження по параметрам вхідного сигналу та по параметрам ланок розімкнутого та замкнутого каналів прийому вхідного каналу.

На основі розробленого методу та часткових методик проведено аналіз процесу впливу розімкнутого зв'язку на мінімізації дисперсії фазової помилки та швидкодію та розроблено практичні рекомендації по його втіленню в схему комбінованої системи синхронізації.

Третій розділ містить результати синтезу моделі системи синхронізації комбінованого типу з підвищеним порядком астатизму при роботі в перехідних режимах стеження за несучою частотою.

В розділі синтезовано систему синхронізації з розімкнутим зв'язком при умові зменшення перехідної складової фазової помилки, розроблено методику визначення фазової помилки в перехідному режимі роботи системи фазової синхронізації та обґрунтовано вибір моделі ланки розімкнутого зв'язку при умові мінімізації фазової помилки в перехідному режимі оцінки несучої частоти та зменшені часу перехідного процесу.

На основі проведених досліджень в розділі встановлено зв'язок параметрів синтезованої ланки розімкнутого зв'язку з коефіцієнтами характеристичного рівняння перехідної фазової помилки в системі синхронізації та оцінено їх вплив на фазову помилку в перехідному режимі стеження за несучою частотою та на час перехідного процесу.

В четвертому розділі подано результати розробки методів оцінки несучої частоти сигналу системами фазової синхронізації когерентних демодуляторів супутникових телекомунікацій режимі стеження за несучою частотою.

В розділі подано метод визначення нижнього кордону дисперсії оцінки несучої частоти системами фазової синхронізації, який автор пропонує в якості теоретично можливого значення дисперсії оцінки і подальшого порівняння з ним отриманих результатів оцінки несучої частоти. Для оцінки несучої частоти вхідного сигналу який приймається супутниковою телекомунікацією в безперервному та пакетному режимі вхідного сигналу в розділі запропоновані відповідні методики оцінки. Вказані методики містять етапи грубої та точної оцінки несучої частоти, для забезпечення простоти та швидкості оцінювання автором запропоновано їх використання на основі алгоритмів швидкого перетворення Фур'є.

П'ятий розділі містить результати аналізу ефективності оцінок несучої частоти системами фазової синхронізації когерентних демодуляторів супутникових телекомунікацій в режимі стеження за несучою частотою

Подано алгоритм, надано результати оцінки несучої частоти системами фазової синхронізації когерентних демодуляторів в безперервному режимі прийому сигналу та на їх основі обґрунтовані висновки щодо використання вказаного алгоритму оцінки. Оцінено вплив «сусідніх» каналів та здійснено корегування запропонованої методики оцінки несучої частоти. Проведено оцінку несучої частоти системами фазової синхронізації когерентних демодуляторів в пакетному режимі прийому сигналу та проаналізовано її результати. Показано, що отримані результати оцінки несучої частоти сигналів забезпечують дисперсію оцінки, яка на два-три порядки менше дисперсії, отриманої за допомогою існуючих методик та максимально наближена до теоретично можливої дисперсії оцінки несучої частоти.

Здійснено апаратну апробацію запропонованих методів та методик та розроблені пропозиції що до їх реалізації.

В висновках дисертаційної роботи обґрунтовано наукову новизну роботи та практичну значимість проведених досліджень.

Робота достатньо графіків та рисунків, що висвітлюють одержані результати, а стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень, висновків забезпечує доступність їх сприйняття.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею.

Автореферат та основні положення дисертації за змістом є ідентичними.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

1. В першому розділі при обґрунтування методів пошуку максимуму функції несучої частоти вхідного сигналу обґрунтовується вибір методу, заснованого на використанні алгоритмів дискретного перетворення Фур'є. Але питання порівняння можливостей вказаного метода та інших відомих методі пошуку максимуму функції в роботі не розглянуто.

2. У другому розділі при постановці завдання на розробку методики мінімізації дисперсії фазової помилки комбінованої системи синхронізації акцентується увага на оцінці граничних можливостей вказаних схем щодо мінімізації дисперсії фазової помилки але в подальшому питання визначення саме граничних умов мінімізації дисперсії не розглядаються.

3. При здійсненні оцінки запропонованої в третьому розділі моделі синтезу розімкнутого зв'язку системи фазової синхронізації було задіяна та реалізовано весь комплекс запропонованих в роботі умов визначення параметрів ланки розімкнутого зв'язку. В цілому отримані залежності надають змогу оцінити ефективність запропонованої моделі щодо зменшення впливу перехідного процесу в на фазову помилку в системі. Але представляється цікавим проаналізувати вплив на перехідні процеси окремих положень вказаних умов, які окремо пов'язані з змінами часових параметрів та параметрів посилення ланки розімкнутого зв'язку, що в роботі не проводилось.

4. В четвертому розділі, при аналізі можливостей запропонованого методу розрахунку мінімальної граничної дисперсії оцінки несучої частоти подано результати розрахунку для варіанту, отриманого при невизначеності всіх інших параметрів сигналу. В цілому, для обґрунтування висновку щодо доцільності застосування розробленого методу, вказаних результатів достатньо, але представляє певну цікавість аналіз варіантів розрахунків при умові наявності інформації про інші параметри сигналу, а саме, про фазу, затримку сигналу та передану інформаційну послідовність, що в розділі не подано.

5. Процес оцінки впливу «сусідніх» каналів та відповідне уточнення процедури оцінки несучої частоти в роботі здійснено при певних обмеження відношення сигнал/шум, які визначають сучасним станом функціонування систем супутникових телекомунікацій. Однак в роботі на визначені можливості запропонованих методик щодо ефективно оцінки несучої частоти в умовах біль значного впливу сусідніх каналів чи зовнішніх спрямованих перешкод, які мають більші співвідношення сигнал /шум.

Зазначені зауваження не впливають на загальну безперечно позитивну оцінку дисертаційної роботи, оскільки робота має завершеність а одержані наукові результати доцільні до впровадження.

Загальні висновки. Дисертаційна робота Туровського О.Л. є завершеною науковою працею на актуальну тему, містить науково обґрунтовані теоретичні результати і положення, що свідчить про особистий внесок здобувача в науку.

Отримані нові наукові положення та науково обґрунтовані результати у сукупності розв'язують актуальну науково-прикладну проблему підвищення

точності роботи систем фазової синхронізації супутникових телекомунікацій в режимі стеження за несучою частотою.

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій, вимогам пункту 9, 10, 12 «Про затвердження порядку присудження наукових ступенів», які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук, а її автор, Туровський Олександр Леонідович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Офіційний опонент

професор кафедри кібербезпеки та захисту інформації
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

“28” квітня 2021 р.

Володимир НАКОНЕЧНИЙ

