



Вченому секретарю
спеціалізованої вченої ради
Д 64.052.03
БЕЗРУКУ В.М.
пр. Науки, 14, м. Харків, 61166

ВІДГУК

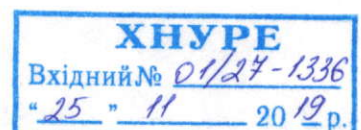
офіційного опонента, начальника кафедри бронетанкового озброєння та військової техніки Військового інституту танкових військ Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" Заслуженого винахідника України, доктора технічних наук, старшого наукового співробітника КОЛОМІЙЦЕВА Олексія Володимировича, на дисертацію НАУМЕНКА Віталія Миколайовича "Методи підвищення точності частотно-часової синхронізації в рознесених пасивних радіотехнічних системах", поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

Актуальність теми дисертації.

Відомо, що для звірення еталонів (стандартів) часу і частоти існують методи, які базуються на використанні сигналів глобальних навігаційних супутникових систем та супутникових систем зв'язку провідних країн світу. Однак, таких систем в Україні не має, що робить розробку альтернативних методів синхронізації, які можуть за своїми якісними характеристиками конкурувати з супутниковими системами, актуальною.

Відомо також, що в ХНУРЕ проводяться розробка та впровадження нових методів синхронізації шкал еталонів часу та частоти, що дозволило подальше розвивати багатопозиційні пасивні системи синхронізації. Однак, цим системам, як і іншим ефірним радіотехнічним системам (РТС), притаманні похибки, що пов'язані з багатопроменевим поширенням радіохвиль.

Таким чином, можна зробити висновок, що наукова задача, яка вирішується в дисертації і полягає у підвищенні точності звірення просторово-рознесених мір часу та частоти в пасивних системах синхронізації шляхом розробки нових методів компенсації впливу багатопроменевої перешкоди сигналу спільного джерела та обробки результатів звірення еталонів є своєчасною, а тема дисертаційної роботи – актуальною.



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

У вступі обґрунтовано вибір теми досліджень, актуальність науково-технічної задачі, надаються відомості про зв'язок дисертаційної роботи з науковими напрямами і програмами. Сформульовано предмет, об'єкт та методи дослідження, представлені відомості про наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів, дані про реалізацію результатів роботи. Представлена інформація про наукові публікації автора за темою роботи, особистий внесок автора та апробації результатів досліджень.

У першому розділі дисертації, на основі проведеного аналізу вимог до точності звірення мір часу та частоти в різних інформаційно-вимірювальних РТС та основних джерел похибок синхронізації, обґрунтовано необхідність розробки методів компенсації багатопроменевих складових синхросигналів. Усе це дозволило автору сформулювати основні часткові задачі досліджень для виконання поставленої науково-практичної задачі.

Зроблено висновки за 1 розділом.

Слід зауважити, що в підрозділі 1.3 напруга позначається символом S .

Другий розділ присвячено теоретичному обґрунтуванню методів підвищення точності частотно-часової синхронізації в рознесених пасивних РТС синхронізації часу та частоти при багатопроменевому поширенні сигналів спільного джерела. Розкрито сутність принципів побудови як багатопозиційних пасивних РТС синхронізації в цілому, так і компенсаторів багатопроменевих перешкод. На основі байєсівського підходу проведено синтез структури оптимального вимірювача, який реалізує пасивний метод загального охоплення в багатопозиційних пасивних РТС синхронізації та обґрунтовано можливість компенсації багатопроменевих перешкод за умови, коли багатопроменева перешкода відсутня, або ж має допустимий рівень хоч би в одному з пунктів, що синхронізуються. Розроблено методи та алгоритми роботи багатопозиційних пасивних РТС синхронізації, які забезпечують компенсацію багатопроменевих перешкод в часовій та частотній областях аналізу, а також комбінований метод підвищення точності частотно-часової синхронізації на основі поєднання методів компенсації багатопроменевих перешкод та методів відновлення безперервності дискретних сигналів. При цьому, застосовано методи статистичної обробки отриманих результатів.

Зроблено висновки за 2 розділом.

Слід зауважити, що рисунок 2.8, де зображені спектри корисного та перешкодового сигналів, невеликий за масштабом, що вносить свої перешкоди для розуміння (рис. 1 – автореферату) та в підрозділі 2.2.1 напруга позначається символ U , а в підрозділі 2.2.5 напруга позначається символом S .

У третьому розділі розроблено математичну модель багатопозиційної пасивної РТС частотно-часової синхронізації та її окремих блоків. Проведене математичне моделювання пасивної системи частотно-часової синхронізації при узгодженій фільтрації та взаємкореляційній обробці прийнятих сигналів спільного джерела. Представлені результати математичного моделювання

пасивної системи синхронізації для випадків застосування квадратурної обробки сигналів з подальшою узгодженою фільтрацією (взаємкореляційною обробкою). Розроблено математичну модель пасивної РТС часо-частотної синхронізації при наявності багатопроменевості сигналу спільного джерела. Представлені результати математичного моделювання щодо визначення абсолютних похибок оцінки часового положення прийнятих сигналів за наявності однієї детермінованої корельованої перешкоди. Визначено, що здійснення високоточних вимірювань можливе за умови, якщо значення сигнал/шум буде $\geq 6 \dots 9$ (умова мінімізації аномальних вимірювань).

Зроблено висновки за 3 розділом.

Слід зауважити, що в підрозділі 3.1.7 символ S спочатку використовується для позначення крутизни характеристик генератора і фазового детектора, а потім ще й для спектральної щільності потужності частотних та фазових флуктуацій.

У *четвертому розділі* розроблено спосіб синхронізації рознесених у просторі еталонів (стандартів) часу та частоти з використанням сигналів низько-орбітальних і середньо-орбітальних штучних супутників Землі. Наведено результати експериментальних досліджень макету багатопозиційної пасивної системи синхронізації з використанням сигналів цифрового наземного телебачення та при синхронізації за фазою аналогового телевізійного сигналу в режимі "нульової бази". Продемонстровано роботу багатопозиційної пасивної системи синхронізації з компенсацією багатопроменевої завади при прийомі OFDM сигналу. Сформульовано практичні рекомендації щодо реалізації компенсатора багатопроменевої завади. Підтверджено можливість досягнення наносекундної точності звірення просторово-рознесених мір в беззавадовій обстановці та точності в межах 10-15 наносекунд при наявності багатопроменевих перешкод за амплітудними вимірами. При виконанні фазових вимірювань точність синхронізації склала 100-150 пікосекунд.

Зроблено висновки за 4 розділом.

Слід зауважити, що графічне представлення результатів експерименту (рис. 4.4) за невеликим масштабом, ускладнює наочність розуміння (рис. 5 – автореферату).

Новими науковими результатами, що отримані в дисертації є:

1. Розроблено новий метод компенсації впливу багатопроменевості сигналу спільного джерела на результуючу похибку синхронізації багатопозиційної пасивної системи, який, на відміну від відомих, дозволяє здійснити компенсацію частково-корельованих і некорельованих багатопроменевих перешкод у спектральній області аналізу.

2. Розроблено новий комбінований метод підвищення точності частотно-часових звірень у багатопозиційній пасивній системі синхронізації, який, на відміну від відомих, полягає у поєднанні методів компенсації впливу багатопроменевості сигналу спільного джерела та методу математичної інтерполяції дискретного сигналу цифрового приймача.

3. Розроблено нову математичну модель багатопозиційної пасивної системи синхронізації, в якій, на відміну від відомих моделей систем звірення шкал часу і частоти, реалізовано компенсацію багатопроменевості сигналу спільного джерела у спектральній області аналізу.

Сукупність отриманих наукових результатів є науковою сутністю методів підвищення точності частотно-часової синхронізації в рознесених пасивних радіотехнічних системах.

Значимість роботи для теорії та практики

1. Розроблено новий алгоритм роботи компенсатора багатопроменевих перешкод сигналу спільного джерела, який на відміну від відомих, реалізує виконання математичних операцій у спектральній області аналізу.

2. При застосуванні нового комбінованого методу підвищення точності частотно-часових звірень в лабораторному макеті системи синхронізації отримано точність частотно-часових звірень на рівні 10-20 наносекунд за наявності багатопроменевої перешкоди у сигналі цифрового наземного телебачення.

3. Експериментальні дослідження компенсатора багатопроменевої перешкоди для пасивної системи синхронізації підтверджують працездатність запропонованого методу компенсації. Застосування компенсатора дозволило зменшити перешкодову складову до рівня, при якому середньоквадратичну похибку вимірювання зсуву шкал часу та частоти знижено майже у 5 разів.

4. Запатентовано новий спосіб синхронізації рознесених у просторі мір часу і частоти з використання сигналів низько-орбітальних та середньо-орбітальних штучних супутників Землі, який відрізняється від відомих тим, що для синхронізації шкал часу просторово-рознесених еталонів використовуються моменти, коли доплерівська частота супутникового сигналу має завчасно визначене значення.

Достовірність і обґрунтованість отриманих наукових результатів підтверджується адекватністю результатів теоретичних досліджень; збігом деяких часткових результатів дисертації з відомими та результатами математичного моделювання і експериментальних досліджень; впровадженням окремих результатів та коректним використанням математичного апарата для вирішення часткових наукових задач, поставлених у роботі.

Результати дисертаційної роботи реалізовані у держбюджетних НДР Національного наукового центру "Інститут метрології", Метрологічного центру військових еталонів Збройних Сил України та Харківського національного університету радіоелектроніки, про що є відповідні акти про впровадження.

Матеріали дисертації можуть також бути використані при розробці тактико-технічних вимог на нові зразки рознесених у просторі радіолокаційних систем, при модернізації існуючих та розробці перспективних зразків станцій радіотехнічної розвідки та радіотехнічної боротьби.

Таким чином, для забезпечення достовірності і обґрунтованості отриманих наукових результатів автор коректно використовує математичний апарат кореляційного та спектрального аналізу, математичної інтерполяції, статистичної обробки даних. Отримані теоретичні результати мають експериментальне підтвердження у ході лабораторних досліджень діючих макетів систем синхронізації часу та частоти.

Аналіз змісту дисертації.

Зміст дисертації, науковий рівень та її оформлення відповідають вимогам МОН України до дисертацій, що подаються на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Дисертація складається із вступу, 4-х розділів, висновку і 2-х додатків. Назви розділів і підрозділів чіткі та відображують зміст відповідних структурних одиниць. Графічний матеріал добре доповнює зміст роботи. Структура роботи є логічною – робота має оглядовий та теоретичний розділи, розділ математичного моделювання та розділ з результатами експериментальних досліджень.

Завершеність, стиль викладання, публікації. Аналіз сукупності наукових результатів, представлених в роботі Науменка В.М., дозволяє зробити висновок про їх внутрішню цілісність і засвідчує особистий внесок автора в науку, щодо підвищення точності звірення просторово-рознесених еталонів (стандартів) часу та частоти в пасивних радіотехнічних системах синхронізації в умовах багатопроменевості сигналу спільного джерела.

Дисертаційна робота написана зрозуміло і грамотно, науково-технічна термінологія використовується коректно. Стиль викладу матеріалів дисертації логічний.

Основні результати досліджень опубліковані досить повно на відповідному рівні у 8 статтях, які входять до переліку фахових видань України, 2 з яких видано в журналах, що входять до міжнародних наукометричних баз.

Наукові положення, пропозиції та висновки, що містяться в дисертаційній роботі, висвітлені в 7 доповідях на міжнародних та галузевих науково-технічних конференціях.

Повнота представлених результатів дисертації в опублікованих роботах

Повнота відображення результатів дисертаційних досліджень у публікаціях та їх кількість відповідають встановленим вимогам щодо оформлення кандидатських дисертацій, а основні результати дисертації досить повно апробовані та відомі фахівцям у предметній області.

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням та висновкам зробленим у дисертації. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 – “Радіотехнічні та телевізійні системи” за пунктами:

- 1) теорія і техніка радіотехнічних і телевізійних систем на сигнально-інформаційному рівні;
- 2) теорія і техніка радіотехнічних і телевізійних систем на апаратно-програмному рівні.

Недоліки та зауваження до роботи:

Автор не дотримується використання однакових символів для позначення напруги сигналу в математичних виразах. Так, починаючи з підрозділу 1.3 напруга позначається символом S . Далі, з підрозділу 2.2.1, використовується символ U , а з підрозділу 2.2.5 знову символ S . В підрозділі 3.1.4 взагалі зустрічаються обидва символи. А в підрозділі 3.1.7 символ S спочатку використовується для позначення крутизни характеристик генератора і фазового детектора, а потім ще й для спектральної щільності потужності частотних та фазових флуктуацій. Для кращого сприйняття матеріалу слід дотримуватися однотипності в позначеннях однакових фізичних величин та використовувати різноманіття алфавітів, коли фізичні величини різні.

Математичні вирази для амплітудно-частотного та фазочастотного спектрів на стор. 73 (підр. 2.2.3) можуть бути спрощені шляхом тригонометричних перетворень.

1. Не показано при яких відношеннях сигнал/шум здійснюється ефективна компенсація багатопроменевої перешкоди в багатопозиційних системах синхронізації у разі, коли база сигналу, що обробляється, набагато перевищує 1, та за яких умов при цьому необхідність в компенсації перешкоди відсутня.

2. Не визначено, за якими критеріями приймається рішення про недостовірність оцінки зсувів шкал еталонів часу та частоти, тобто які значення похибок синхронізації є неприйнятними за наявності багатопроменевого сигналу спільного джерела.

3. В ході експериментальних досліджень кількість здійснених вимірювань коливається від 200 до 1000 разів. Автором не надано обґрунтування розміру статистики при статистичній обробці результатів досліджень.

4. У дисертаційній роботі та рефераті зустрічаються синтаксичні та граматичні помилки.

Однак вказані недоліки не зменшують наукової та практичної значимості роботи.

Загальні висновки.

Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною роботою, в якій отримані нові науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують науково-прикладну задачу з розробці методів підвищення точності частотно-часової синхронізації в рознесених пасивних радіотехнічних системах та відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів”, що затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567 (зі змінами), що пред'являються до кандидатських дисертацій і паспорту спеціальності 05.12.17 – “Радіотехнічні та телевізійні системи” за пунктами: теорія і техніка радіотехнічних і телевізійних систем на сигнально-інформаційному рівні та теорія і техніка радіотехнічних і телевізійних систем

на апаратно-програмному рівні, а її автор НАУМЕНКО Віталій Миколайович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Начальник кафедри бронетанкового озброєння та військової техніки
Військового інституту танкових військ Національного технічного
університету “Харківський політехнічний інститут”
Заслужений винахідник України, доктор технічних наук

старший науковий співробітник

О. КОЛОМІЙЦЕВ

Підпис Заслуженого винахідника України,
доктора технічних наук, старшого наукового співробітника
Коломійцева Олексія Володимировича засвідчую

ТВО начальника Військового інституту танкових військ
Національного технічного університету
“Харківський політехнічний інститут”

“22” листопада 2019 року

А. КОЧЕРГА