

Вченому секретарю спеціалізованої вченої ради Д64.052.03
Харківського національного університету радіоелектроніки,
проф. Безруку В.М.
пр. Науки, 14, м. Харків, 61166

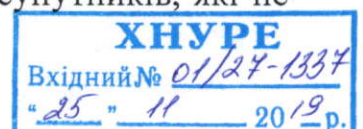
ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Науменка Віталія Миколайовича на тему **“Методи підвищення точності частотно-часової синхронізації в рознесених пасивних радіотехнічних системах.”**, яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

Актуальність теми дисертації

У зв'язку з бурхливим розвитком телекомунікаційних технологій об'єми інформації, що передаються каналами зв'язку, постійно збільшуються. Підвищення пропускної здатності інформаційних каналів та достовірності і надійності передачі даних висуває високі вимоги до точності синхронізації вузлів. Ще одним з аспектів необхідності синхронного часу в державі є прийняття в документообіг цифрового підпису, який супроводжується часовою міткою (ідентифікатором). Для особливо важливих споживачів частотно-часової інформації (наприклад, вторинні державні еталони, системи урядового та військового зв'язку) необхідно мати два-три незалежних канали синхронізації. Задача підвищення стабільності засобів передачі розмірів одиниць часу і частоти узгоджується з завданнями Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України та Державної програми з розвитку Державної служби єдиного часу і еталонних частот по забезпеченню споживачів високоточною частотно-часовою інформацією. Наведені вимоги їхнє порівняння зі змістом представлених досліджень свідчать про те, що дисертаційна робота Науменка В.М. є актуальною.

Автором виконано значний обсяг теоретичних і експериментальних досліджень. Запропоновані автором засоби та алгоритми отримані на основі теоретичного аналізу та математичного моделювання фізичних процесів, які відбуваються в каналах поширення радіохвиль та безпосередньо в самій апаратурі, і дозволяють суттєво знизити похибки синхронізації. Робота, крім суто наукового інтересу, має явну практичну направленість. Запропоновано цікаве технічне рішення з використання сигналів штучних супутників, які пе-



ребувають на низьких та середніх орбітах, для реалізації пасивної системи синхронізації. Цей спосіб синхронізації просторово рознесених стандартів часу та частоти захищено патентом. Наведені дані експериментальних досліджень свідчать про високі потенційні можливості пасивних систем синхронізації і дозволяють очікувати високих характеристик з точності синхронізації у разі практичного застосування запропонованих технічних рішень.

Зв'язок дисертаційної роботи з державними науковими програмами й пріоритетними напрямками розвитку науки й техніки

Дисертаційні дослідження Науменка Віталія Миколайовича пов'язані з виконанням планових НДР, які проводилися в:

1. ХНУРЕ

- "Розробка альтернативних методів синхронізації, передачі і захисту інформації для використання в Державній інформаційній системі з надзвичайних ситуацій", № ДР 0109U001635;

- "Розробка альтернативних методів синхронізації інформаційно-вимірювальних систем раціонального природокористування", № ДР 0114U002697;

- "Виконання робіт зі збереження та забезпечення належного функціонування наукового об'єкта, що становить національне надбання, Багатоцільового геофізичного комплексу для дослідження атмосфери та припливу метеорної речовини Харківського національного університету радіоелектроніки".

2. Національному науковому центрі "Інститут метрології" (ННЦ ІМ)

- "Забезпечення функціонування Державної служби єдиного часу і еталонних частот (ДСЧЧ) в Україні" №№ ДР 0111U004901, 0112U008240, 0115U003818).

3. В метрологічному центрі військових еталонів Збройних Сил України:

- "Дослідження варіантів побудови й функціонування комплексу апаратури Центру метрологічного контролю та розробка програмно-методичного забезпечення його дослідної експлуатації та державних випробувань", № ДР 0114U00411;

- "Дослідження методів синхронізації шкал часу і частоти та визначення оптимальних варіантів звірення вихідного еталона Збройних Сил України (ВЕЗСУ 07-01-01-09) часу та частоти з державним еталоном", шифр «Промет-РТ».

Отже, результати дисертаційних досліджень Науменка В.М. пов'язані з державними програмами України й пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки.

Аналіз змісту дисертаційної роботи

Дисертація робота Науменка В.М. складається із вступу, 4 розділів, висновку, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг - 192 сторінки, з яких: 156 сторінок основного тексту (8 сторінок займають рисунки та таблиця), основний зміст дисертації містить 63 рисунки та 1 таблицю. Список літератури складається зі 132 робіт вітчизняних і закордонних авторів. У додатках наведені акти впровадження результатів роботи та публікації за темою дисертації.

У **вступі** автор обґрунтовує вибір теми дослідження, доводить зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, ставить мету та задачі досліджень, визначає об'єкт, предмет та методи дослідження, доводить наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наводить дані щодо особистого внеску здобувача в наукових працях, апробації результатів дисертації та їх публікацій.

У **першому розділі** проаналізовано вимоги до точності звірення мір часу та частоти основних користувачів, визначено основні джерела похибок синхронізації, окремо охарактеризовано вплив багатопроменевого поширення інформаційних сигналів на точність частотно-часової синхронізації просторово-рознесених мір. Виконано аналіз існуючих методів компенсації перешкод в радіотехнічних системах та логічно зроблено висновок про необхідність розробки нових методів компенсації багатопроменевого сигналу у багатопозиційних пасивних системах синхронізації і, як результат, сформульовано основні задачі досліджень.

У **другому розділі** з використанням байєсівського підходу автором синтезовано структуру оптимального вимірювача для реалізації пасивного методу загального охоплення в багатопозиційних пасивних системах синхронізації. Виконано теоретичне обґрунтування можливості компенсації багатопроменевості сигналу спільного джерела за умови, коли багатопроменева перешкода має допустимий рівень хоч би в одному з пунктів, що синхронізуються. Розділ присвячено розробці методів компенсації багатопроменевих перешкод, математичних моделей та алгоритмів роботи багатопозиційних пасивних систем синхронізації для часової та спектральної області аналізу сигналів, а також комбінованого методу підвищення точності частотно-часової синхронізації. Запропоновано рекомендації для компенсації багатопроменевих перешкод з використанням розроблених методів. У цьому розділі розкрито та обґрунтовано пункти наукової новизни, які винесено на захист.

Третій розділ присвячений обґрунтуванню практичного значення отриманих результатів. З цією метою виконано математичне моделювання пасивної системи часо-частотної синхронізації при узгодженій фільтрації та взаємкореляційній обробці прийнятих сигналів спільного джерела та наведено результати цього моделювання, розроблено математичну мо-

дель багатопозиційної пасивної системи синхронізації при наявності багатопроменевої перешкоди в сигналі спільного джерела та проведено аналіз абсолютних похибок оцінки часового положення прийнятих сигналів за наявності однієї детермінованої корельованої перешкоди. Визначено допустимий рівень завадового сигналу за умови виконання високоточних вимірювань при використанні гармонійних сигналів. Розроблено математичну модель та алгоритм дослідження фільтруючих властивостей системи ФАПЧ, як елементу приймального пристрою багатопозиційної пасивної системи синхронізації.

У **четвертому розділі** наведені рекомендації з практичного створення багатопозиційних пасивних систем синхронізації, запропоновано спосіб синхронізації рознесених у просторі мір часу та частоти з використанням сигналів низькоорбітальних і середньоорбітальних штучних супутників Землі, відображені результати експериментальних досліджень за допомогою макетів багатопозиційних пасивних систем синхронізації, продемонстровано роботу компенсатора багатопроменевої перешкоди, надані рекомендації щодо його реалізації. Таким чином, у четвертому розділі наведено експериментальне підтвердження практичного значення отриманих результатів. Особливо слід відзначити наявність патенту на корисну модель багатопозиційної пасивної системи синхронізації, що свідчить про новизну отриманих результатів.

У **висновках** дисертації викладено отримані автором основні наукові й практичні результати.

У **додатках** наведено 3 акти про впровадження результатів досліджень та приведено список публікацій здобувача за темою дисертації.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, підтверджується та забезпечується коректним використанням відомих методів кореляційного аналізу, математичної інтерполяції, моделювання та статистичної обробки, вмілим застосуванням сучасних радіовимірювальних приладів та засобів обчислювальної техніки, практичною реалізацією розроблених методів і алгоритмів за допомогою діючих лабораторних макетів пасивних систем синхронізації часу і частоти, вірним трактуванням отриманих результатів.

Математичні моделі, розроблені автором, адекватно відображають фізичні процеси, що відбуваються в досліджуваних системах, і дозволяють оптимізувати характеристики радіосистем на етапі розробки та створення. Прийняті в роботі наближення і спрощення повністю обґрунтовані.

Наукова новизна дисертаційної роботи

У дисертаційній роботі Науменка В.М. наведено теоретичне узагальнення та вирішена актуальна науково-технічна задача розробки методів забезпечення високої точності звірення рознесених у просторі мір часу та частоти за рахунок застосування нових методів компенсації впливу багатопроменевої перешкоди спільного джерела сумісно з математичною інтерполяцією дискретного сигналу в пристрої цифрової обробки багатопозиційної пасивної системи синхронізації. Використання цих методів забезпечило підвищення точності синхронізації майже у 5 разів.

Основні наукові результати, отримані здобувачем:

- розроблено новий метод компенсації впливу багатопроменевості сигналу спільного джерела на результуючу похибку синхронізації багатопозиційної пасивної системи, особливість якого полягає в переході до спектральної області аналізу при компенсації багатопроменевої перешкоди;
- розроблено новий комбінований метод підвищення точності частотно-часових звірень в багатопозиційних пасивних системах синхронізації, який, на відміну від відомих, поєднує метод компенсації багатопроменевої перешкоди та метод математичної інтерполяції дискретних сигналів в пристрої обробки інформації;
- розроблено нову математичну модель багатопозиційної пасивної системи синхронізації, в якій, на відміну від відомих, реалізовано компенсацію багатопроменевої складової сигналу спільного джерела у частотній області аналізу.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи

У якості найбільш суттєвих практичних результатів слід зазначити наступне:

- проведення операцій у частотній області аналізу дозволило розробити новий алгоритм роботи компенсатора, який за рахунок застосування швидкого перетворення Фур'є забезпечує скорочення часу обробки результатів вимірювань;
- за рахунок застосування нового комбінованого методу підвищення точності частотно-часових звірень забезпечено точність частотно-часових звірень на рівні 10-15 наносекунд ;
- використання розробленого компенсатора забезпечило суттєве зниження рівня багатопроменевої перешкоди, за рахунок чого досягнуто збільшення точності синхронізації мір часу та частоти майже в 5 разів;
- новий спосіб синхронізації рознесених у просторі мір часу і частоти з використанням сигналів низькоорбітальних та середньоорбітальних штучних супутників Землі, розроблений в ході дисертаційних досліджень, дозволяє зняти обмеження по дальності дії багатопозиційних пасивних сис-

тем синхронізації.

Апробації та публікації результатів дисертаційної роботи, повнота їх викладу

Основний зміст дисертації Науменка В.М. викладено в 8 статтях, опублікованих у періодичних виданнях, що входять у затверджений перелік спеціалізованих видань України. 1 стаття опублікована в журналі „Східно-Європейський журнал передових технологій”, який включено до міжнародної науково-метричної бази РІНЦ, 1 статтю опубліковано в журналі „Метрологія та прилади”, який включено до міжнародної науково-метричної бази Index Copernicus, отримано 1 патент України на корисну модель, опубліковано 7 тез доповідей на наукових конференціях.

Отже, результати дисертаційних досліджень і вимоги до кількості публікацій відповідають встановленим вимогам, а результати дисертації апробовані й відомі фахівцям.

Оформлення й відповідність змісту автореферату і дисертаційної роботи

Робота викладена з коректним використанням науково-технічної термінології. Стиль, мова та оформлення дисертаційної роботи, її обсяг і структура відповідають встановленим вимогам. Задачі і їх рішення викладені аргументовано. В авторефераті вказані об'єкт, предмет і методи досліджень, мета, розв'язувані задачі, наукова новизна, практична значимість отриманих результатів, відомості про впровадження й апробації результатів дисертаційних досліджень. Відображено особистий внесок у кожную публікацію Науменка В.М. Зміст автореферату у повній мірі відповідає змісту дисертації.

Області можливого використання результатів дисертації

Результати дисертаційної роботи Науменка В.М. можуть бути використані при створенні нових пасивних систем синхронізації часу і частоти при виконанні Державної програми з розвитку Державної служби єдиного часу і еталонних частот.

Зацікавленими у використанні результатів дисертаційних досліджень організаціями можуть бути:

- Український науково-дослідний інститут зв'язку;
- ДП «Укрметртестстандарт»;
- Оператори систем стільникового зв'язку;
- Метрологічний центр військових еталонів;
- ННЦ «Інститут метрології» та ін.

Також отримані результати можуть бути використані й впроваджені:

- навчальними закладами, які готують фахівців відповідного профілю;
- спеціалізованими науковими й проектними організаціями, які займаються розробкою систем синхронізації часу та частоти.

Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату

Дисертаційна робота Науменка В.М. виконана на високому рівні, однак у ній є ряд недоліків.

1. В результаті моделювання автором визначено, що підставою для виконання високоточних вимірів зсуву шкал часу і частоти еталонів при використанні вузькосмугових сигналів є умова, що співвідношення с/ш перевищує 6...9. Однак перевага для використання у БПСС надана джерелам широкосмугових сигналів типу OFDM. Однак для широкосмугових сигналів подібного аналізу не виконано.

2. У роботі автор зазначає, що джерелом багатопроменевості є поверхні та предмети, від яких відбиваються сигнали у напрямку приймальної антени. Як правило оточуючі об'єкти і речовини мають різні відбиваючі властивості і оцінки таких властивостей сприяють більш повному висвітленню переваг та особливостей застосування запропонованих методів компенсації багатопроменевих перешкод. Однак у своїй роботі автор не привів таких оцінок.

3. В роботі наведені результати експериментальних досліджень, в ході проведення яких здійснювалися високоточні часові виміри, однак при цьому відсутні дані стосовно метрологічного забезпечення вимірів, а саме - результатів атестації та повірки вимірювальних засобів.

4. В якості основного показника оцінки ефективності запропонованих методів та технічних рішень стосовно компенсації багатопроменевих перешкод автор використовує значення похибки синхронізації. Слід було звернути увагу і на зміни інших характеристик багатопозиційних пасивних систем синхронізації, наприклад, таких як надійність, завадозахищеність, необхідний ресурс машинного часу та ін.

Висновки

Відзначені недоліки не знижують загальну високу оцінку роботи. Представлена Науменком В.М. дисертація на тему "Методи підвищення точності частотно-часової синхронізації в рознесених пасивних радіотехнічних системах" є завершеною науковою працею, яка виконана автором самостійно на високому науковому рівні. Назва відповідає змісту дисертаційної роботи. У дисертації сформульовано та вирішено актуальну науково-прикладну задачу розробки методів для підвищення точності частотно-

часової синхронізації за рахунок застосування нових методів і алгоритмів компенсації впливу багатопроменевих перешкод спільних джерел сумісно з математичною інтерполяцією дискретного сигналу в пристроях цифрової обробки рознесених пасивних радіотехнічних систем. Отримані результати теоретично обґрунтовані та експериментально підтверджені.

Автореферат відповідає змісту дисертаційної роботи, результати досліджень повністю відображені в публікаціях, їхня кількість, повнота висвітлення результатів досліджень повністю відповідають встановленим вимогам.

По своїй тематичній спрямованості дисертаційна робота Науменка В.М. відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи і відповідає встановленим вимогам.

Науменко Віталій Миколайович заслуговує присудження вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – "Радіотехнічні та телевізійні системи".

Зав. відділом обробки радіосигналів
ІРЕ ім. О.Я. Усикова НАН України,
докт. техн. наук, професор



/ А.Ф. Величко /

Підпис зав. відділом, д.т.н.,
проф. Величка А.Ф. ЗАСВІДЧУЮ,
вчений секретар ІРЕ ім. О.Я. Усикова
НАН України
канд. фіз.-мат. наук



/ І.Є. Почаніна /

Заст. директора ІРЕ ім. О.Я. Усикова
НАН України

