

ОПИС ЗАВЕРШЕНОЇ РОЗРОБКИ (ініціативна)

Найменування розробки:

Розробка і дослідження методів моноімпульсного пеленгування і вимірювання миттєвої частоти джерел радіовипромінювання інформаційно-телекомунікаційних мереж

Разработка и исследование методов моноимпульсной пеленгации и измерения мгновенной частоты источников радиоизлучения информационно-телекоммуникационных сетей

Development and research of methods of monopulse direction-finding and measuring of instantaneous frequency of sources of radio waves of informative TCNS

1. Номер державної реєстрації: 0117U006385

2. Науковий керівник: к.т.н., доцент, с.н.с. Ільницький А.І.; : к.т.н., доцент, с.н.с. Ільницький А.И.; Candidate of engineering sciences, associate professor A. Ilnytskyi

3. Суть розробки, основні результати.

Метою роботи є підвищення ефективності комплексів радіомоніторингу за рахунок збільшення швидкодії й точності пеленгування і вимірювання миттєвої частоти джерел радіовипромінювання телекомунікаційних мереж і систем.

В роботі отримані наступні результати:

1. Математична модель, яка визначає вирішальне правило отримання асимптотичне незміщених оцінок пеленгу з урахуванням нелінійного (квадратичного) члена розкладу функції правдоподібності в ряд Тейлора, а також нові аналітичні вирази для математичного очікування та дисперсії оцінок відносного пеленгу, що враховують величину відносної бази пеленгатора, ширину діаграм направленості антен та відношення сигнал/шум на його вході, а також описують залежність точності пеленгування у робочому секторі.

2. Удосконалений фазовий метод моноімпульсного пеленгування, що відрізняється від відомих застосуванням у тракті точного пеленгування зворотних пеленгаційних характеристик, отриманням сукупності альтернативних оцінок пеленгу з подальшим вибором з них дійсного значення за критерієм мінімуму величини їх дисперсій. При цьому також усуваються неробочі ділянки у робочому секторі пеленгатора і підвищуються його точнісні характеристики.

3. Набув подальшого розвитку двоканальний фазометричний метод вимірювання миттєвої частоти ДРВп, який відрізняється від відомих тим, що з метою підвищення точності на базі фазометра інтерференційного типу використовуються два ідентичні фазометричні канали вимірювання частоти - основний (грубий) та додатковий (точний), при цьому складові елементи основного каналу забезпечують грубе, але однозначне вимірювання частоти, а складові елементи додаткового каналу забезпечують точне, але багатозначне, вимірювання частоти сигналу, одне з яких є більш близьким до істинного значення.

4. Удосконалений фазовий метод пеленгації джерел радіовипромінювання в проміжній зоні при застосуванні просторової обробки по сферичному фронту електромагнітної хвилі.

Целью работы является повышение эффективности комплексов радиомониторинга за счет увеличения быстродействия и точности пеленгации и измерения мгновенной частоты источников радиоизлучения телекоммуникационных сетей и систем.

В работе получены следующие результаты:

1. Математическая модель, которая определяет решающее правило получения асимптотично несмещенных оценок пеленга с учетом нелинейного (квадратичного) члена разложения функции правдоподобия в ряд Тейлора, а также новые аналитические выражения для математического ожидания и дисперсии оценок относительного пеленга, которые учитывают величину относительной базы пеленгатора, ширину диаграммы направленности антенн и отношения сигнал/шум на входе, а также описывают зависимость точности пеленгации в рабочем секторе.

2. Усовершенствованный фазовый метод моноимпульсной пеленгации, который отличается от известных применением в тракте точной пеленгации обратных пеленгационных характеристик, получением совокупности альтернативных оценок пеленга с дальнейшим выбором из них точного значения по критерию минимума величины их дисперсий. При этом также устраняются нербочие участки в рабочем секторе пеленгатора и повышаются его точностные характеристики.

3. Получил дальнейшее развитие двухканальный фазометрический метод измерения мгновенной частоты источников радиоизлучения, который отличается от известных тем, что с целью повышения точности на базе фазометра интерференционного типа используются два идентичные фазометрические каналы измерения частоты - основной (грубый) и дополнительный (точный), при этом элементы основного канала обеспечивают грубое, но однозначное измерение частоты, а элементы дополнительного канала - точное, но многозначное измерение частоты сигнала, одно из которых является наиболее близким к истинному значению.

4. Усовершенствованный фазовый метод пеленгации источников радиоизлучения в промежуточной зоне при использовании пространственной обработки по сферическому фронту электромагнитной волны.

The aim of work is an increase of efficiency of radiomonitoring complexes due to the increase of fast-acting and exactness of direction-finding and measuring of instantaneous frequency of sources of radio waves of TCNS and systems.

Next results are in-process got:

1. Mathematical model, that determines the decision rule of receipt of asymptotically of the undisplaced estimations of bearing taking into account the nonlinear (quadratic) member of decomposition of function of verisimilitude in the row of Teilor, and also new analytical expressions for the expected value and dispersion of estimations of the relative bearing, that take into account the size of relative base of direction finger, width of diagram of orientation of aeralis and relation signal/noise on an entrance, and also describe dependence of exactness of direction-finding in a working sector.

2. Improved phase method of monopulse direction-finding, that differs from well-known application in the highway of exact direction-finding of reverse direction-finding descriptions, by the receipt of totality of alternative estimations of bearing with a further choice from them of the exact meaning on the criterion of a minimum of size of their dispersions. Thus notworking areas are also removed in the working sector of direction finger and rise him exactness descriptions.

3. The dual-link measuring of phase method of measuring of instantaneous frequency of sources of radio waves got further development, that differs from known for that with the purpose of increase exactness on the base of phase meter of interference type used two identical фазометрические channels of measuring of frequency - basic (rough) and additional (exact), here the elements of basic channel provide the rough, but unambigiuos measuring of frequency, and elements of secondary channel is the exact, but multiple-valued measuring of frequency of signal, one of that is most near to the truth value.

4. Improved phase method of direction-finding of sources of radio waves in an intermediate zone at the use of spatial treatment on spherical front of hertzian wave.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності (заявка на патент, патент, свідоцтво на авторське право):

1. Войтко В.В., Ільницький А.І., Казаров А.А. Патент на корисну модель. Пристрій двоканального однобазового моноімпульсного вимірювання пеленгу на джерело радіовипромінювання станціями радіомоніторингу на несучій частоті вхідних сигналів.- № 122275 U 2017 08068 – Бюл. №24, 26.12.2017
2. Ільченко М.Ю., Авдеєнко Г.Л., Якорнов Є.А., Цуканов О.Ф., Корсак В.В. Спосіб визначення місцезонашування джерела радіовипромінювання в ближній зоні : пат. 113916 Україна : МПК G01S 5/08. №201606780 ; заявл. 09.09.2016 ; опубл. 27.02.2017, Бюл. №4. 4.94 с.
3. Ільченко М. Ю., Якорнов Є.А., Авдеєнко Г.Л., Цуканов О.Ф. Спосіб просторової селекції джерел радіовипромінювання в довільній хвильовій зоні: пат. 121465 Україна : МПК G01S 5/08. №201705290 ; заявл. 30.05.2017 ; опубл. 11.12.2017, Бюл. №23. 4.128 с.
4. Ільченко М.Ю., Лисенко О.І., Авдеєнко Г.Л., Цуканов О.Ф. Система визначення дальності до джерела радіовипромінювання в зоні Френеля : пат. 132739 Україна : МПК G01S 5/00. №201809451 ; заявл. 19.09.2018 ; опубл. 11.03.2019, Бюл. №5. 4.97 с.
5. Ільченко М.Ю., Лисенко О.І., Авдеєнко Г.Л., Цуканов О.Ф. Спосіб визначення дальності до джерела радіовипромінювання в зоні Френеля : пат. №132740 Україна : МПК G01S 5/00. №201809452 ; заявл. 19.09.2018 ; опубл. 11.03.2019, Бюл. №5. 4.97 с.
6. Авдеєнко Г.Л., Ільченко М.Ю., Якорнов Є.А., Цуканов О.Ф. Система забезпечення зв'язку між двома радіорелейними станціями : пат. №140040 Україна : МПК H04B 7/14. №201906270; заявл. 05.06.2019; опубл. 10.02.2020, Бюл. №3. 4.108 с.
7. Ільницький А.І., Рудевич А.Є., Куценко Р.О. Деклараційний патент на корисну модель. Аналого-цифровий пристрій двоканального моноімпульсного вимірювання частоти джерел радіовипромінювання.- № u 202003993 від 02.07.2020.
8. Ільницький А.І., Куценко Р.О., Рудевич А.Є. Деклараційний патент на корисну модель. Аналого-цифровий пристрій двоканального моноімпульсного вимірювання пеленгу джерел радіовипромінювання на несучій частоті вхідних сигналів.- № u 202003103 від 25.05.2020

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Рівень розробки відповідає світовому рівню та вимогам, що висуваються до радіотехнічних систем з аналого – цифровою обробкою інформації станціями радіорелейного. Перевагою даного проекту є удосконалення алгоритмів вирішення вирішальних правил, які базуються на аналітичних методах та методиках.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Економічна доцільність даної науково-технічної розробки полягає у тому, що використання розроблених технологій та обладнання дозволяє значно знизити собівартість та підвищити якість виробів.

7. Потенційні користувачі

Державний центр радіочастот України, Міністерство внутрішніх справ України, Міністерство оборони України, вітчизняні та закордонні організації та підприємства інформаційно-телекомунікаційної галузі.

8. Стан готовності розробки

Розроблені технічні і технологічні рекомендації щодо виробництва та ефективного застосування експериментального зразка.

9. Існуючі результати впровадження.

Результати роботи впроваджено в навчальний процес. Розроблено новий розділ в дисципліні «Основи імітаційного моделювання».

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail – кафедра інформаційно-телекомунікаційних мереж, ІТС, 204-98-91, anatolii.ilnytskyi@gmail.com.

11. Фото розробки – відсутні

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (вагомі монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації):

1. Войтко В.В., Ільницький А.І. Математична модель процесу вимірювання миттєвої частоти джерел радіовипромінювання фазометричними пристроями інтерференційного типу.-Київ, Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. 2017 - №70.- с. 17-22
2. Ільницький А.І., Бурба О.І Довірча імовірність і довірчий інтервал статистичних оцінок параметрів джерел радіовипромінювання при радіомоніторингу телекомунікаційних мереж Одеса, ОНАЗ, Цифрові технології, №21, 2017. – С.138-14
3. Ільницький А.І., Бурба О.І Статистичні оцінки незміщеності та ефективності параметрів джерел радіовипромінювання при радіомоніторингу телекомунікаційних мереж Київ: Системи управління навігації та зв'язку.-Вип.2 (48), 2018.- С.149 – 153
4. Ільницький А.І., Бурба О.І Статистичні критерії оцінювання інформативності ознак джерел радіовипромінювання телекомунікаційних мереж і систем при їх розпізнаванні Київ: Кібербезпека: освіта, наука і техніка. Том 1, №5, 2019. - С.83 – 92
5. Войтко В.В., Ільницький А.І., Ільяшов О.А. Стейскал А.Б. Марченко А.О. Статистичні оцінки точності моноімпульсного пеленгування джерел радіовипромінювання двоканалними фазовими пристроями Київ, Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування 2020 - №81. - с. 30-38
6. Уривський Л.О.,Якорнов Е.А., Цуканов О.Ф. Increasing the accuracy of determining the coordinates of elements of wireless sensor networks Information and tele-communication sciences 2019, №.2, p.22-28
7. Авдеєнко Г.Л., Якорнов Е.А., Цуканов О.Ф. Повышение точности определения координат источников радиоизлучения фазовыми системами с линейными антенными решетками.- Известия ВУЗов Радиоэлектроника, т.62, №12, 2019
8. Авдеєнко Г. Л. Використання просторового ущільнення по кривизні фазового фронту електромагнітної хвилі для повторного використання радіочастотного ресурсу цифрових радіорелейних ліній зв'язку. *Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи»*: матеріали конф. 20-26 бер. 2017 р. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. С.149-151.
9. Авдеєнко Г.Л., Якорнов Є. А. Спосіб просторової селекції джерел радіовипромінювання в довільній хвильовій зоні на основі модифікованого алгоритму Кейпона. *Одинадцята міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій»* : зб. матеріалів конф. 18-21 квіт. 2017р. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. С.232-234.
10. Авдеєнко Г. Л., Якорнов Е. А. Задачи практической реализации радиорелейной линии связи на основе использования различий в формах фазовых фронтов их электромагнитных волн. *Одинадцята міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій»* : зб. матеріалів конф. 18-21 квіт. 2017р. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. С.235-237.
11. Авдеєнко Г. Л. Застосування просторової обробки сигналів для підвищення пропускної здатності ствола радіорелейної лінії. *Восьма міжнародна науково-практична конференція молодих вчених – «Інфокомунікації – сучасність та майбутнє»*: матеріали восьмої міжнар.наук.-пр.конф. 14-16 лист. 2018р. Одеса: ОНАЗ, 2018. Ч.4. С.7-10.

12. Авдеєнко Г. Л. Застосування просторової обробки сигналів для забезпечення повторного використання радіочастотного ресурсу ліній радіорелейного та міжсупутникового зв'язку. *Друга науково-практична конференція «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи»* : тези доповідей. 4 жовт. 2018р. Київ : НЦУВКЗ, 2018. С. 41.

13. Авдеєнко Г. Л., Якорнов Є. А. Макет симплексної одноінтервальної радіорелейної лінії зв'язку з просторовою обробкою сигналів. *Тринадцята міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій"*: зб. матеріалів конф. 15-19 квіт.2019 р. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. С.150-152.

14. Ільницький А.І., Куценко Р.О., Рудевич А.Є. Аналого- цифровий приймально-пеленгаторний модуль моноімпульсного радіомоніторингу інфокомунікаційних мереж. Міжнародна науково-практична конференція «Інфокомунікації – сучасність та майбутнє» ОНАЗ ім. О.С. Попова. - Одеса: тези доповідей. 16 -19 листопада 2020 р.

13.Надати ключові слова до розробки: метод, моноімпульсне пеленгування, миттєва частота, сигнал, фазометрія, інтерференція, фазовий фронт, електромагнітна хвиля, джерело радіовипромінювання.