

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0218U000588

Державний реєстраційний номер: 0115U000224

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 13-02-2018

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Розвиток та дослідження методів теорії багаточастотної фазової радіолокаційної дальнометрії

Початок етапу: 01.2015

Закінчення етапу: 12.2017

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Хмельницький національний університет

Код за ЄДРПОУ: 02071234

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: (0382) 728 076 , (0382) 674 265

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Інститут енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України "Київський Політехнічний Інститут"

Код за ЄДРПОУ: 00027677

Місцезнаходження: пр. Перемоги 37, м. Київ, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 0442048428

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

Напрямок фінансування: 2.1 - фундаментальні дослідження

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201040

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 772.041
--

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Розвиток та дослідження методів теорії багаточастотної фазової радіолокаційної дальнометрії

Назва роботи англійською:

The theoretical foundations development and methods for static and dynamic spectral estimation of signals in radar

Реферат українською:

Об'єкт дослідження: Теорія багаточастотної фазової радіолокаційної дальнометрії. Предмет дослідження: Процеси багаточастотного фазового радіолокаційного визначення дальності та радіальної швидкості рухомих та нерухомих цілей. Мета: розвиток теорії багаточастотної фазової дальнометрії, розробка та дослідження методів радіолокаційного вимірювання дальності та радіальної швидкості цілей з врахуванням частотних характеристик систем, траси поширення радіохвилі. Методи дослідження. Для вирішення поставлених в дисертації задач застосовувалися методи теорії радіотехнічних систем, диференційного числення, теорії комплексних чисел, лінійної алгебри, теорії вимірювань, теорії похибок, теорії ймовірності та математичної статистики, методів чисельного розв'язання рівнянь та систем лінійних рівнянь. Експериментальні дослідження проводилися з використанням дослідних макетів та вимірювальних приладів, а також фізичних та математичних методів імітаційного моделювання шляхом числового аналізу та комп'ютерного моделювання за допомогою прикладного пакету Maple15, MatLab2013 та комп'ютерних програм написаних на мовах програмування C++ та Pascal. Теоретичні результати. Дістали подальшого розвитку теоретичні основи багаточастотних фазових вимірювань дальності об'єктів та їх параметрів. В основу подальшого розвитку теорії покладено взаємозалежності від амплітудою та фазовим зсувом гармонічних зондуючих сигналів на різних частотах, які проявляються у зростанні та спаданні амплітуди сумарного сигналу в точці прийому при набутті, що дозволило отримати аналітичні залежності, які встановлюють взаємозв'язок між сигналами, відбитими від кожного об'єкту та сумарним відбитим сигналом у тригонометричній та експоненційній формах. Розроблено аналітичні багаточастотні фазові методи вимірювання дальності та параметрів об'єктів, які полягають у розв'язанні системи нелінійних рівнянь, яка описує залежності сумарного відбитого гармонічного сигналу та сигналів, відбитих від кожного об'єкту на частотах з кратністю $1:2:3:\dots:2N$. Для запису системи рівнянь проводиться зондування N об'єктів $2N$ сигналами. Результатом розв'язання системи рівнянь є значення параметрів векторів гармонічних сигналів, відбитих від кожного об'єкту. Досліджено залежності похибки та роздільної здатності багаточастотних фазових методів від похибки задавання сітки зондуючих частот, кроку частоти, похибки визначення фазових зсувів та амплітуд сумарних відбитих сигналів. Проведено математичне моделювання вимірювання дальності, яке показало, що похибка вимірювання дальності та роздільна здатність зі спаданням похибки встановлення частоти та розширенням кроку зміни частоти зондуючих сигналів спадає за експоненційною залежністю. При зменшенні похибки вимірювання фазового зсуву та амплітуди сумарних зондуючих сигналів похибка вимірювання дальності спадає лінійно. Отримано аналітичні залежності знаходження похибок вимірювання дальності різними методами в залежності від похибок визначення параметрів сумарних гармонічних сигналів. Під час застосування аналітичних фазових методів вимірювання дальності, значний вплив на точність визначення дальності має число обумовленості матриці системи рівнянь, що описує залежності між сумарними зондуючими сигналами та сигналами, відбитими від кожного об'єкту. Практичні результати. 1. Розроблено математичні моделі та алгоритми математичного моделювання багаточастотного фазового методу із врахуванням нестабільності частоти зондуючих сигналів, впливу шумів на результати зондування та вимірювання фазових зсувів та амплітуд сумарних сигналів. В результаті проведення математичного моделювання в середовищі MatLab показано адекватність аналітичних виразів багаточастотного фазового методу вимірювання дальності підповерхневих об'єктів. 2. Розроблено структурні

схеми та алгоритми роботи систем підповерхневого радіолокаційного зондування. Основними блоками схеми є синтезатор зондуючих частот, блоки вимірювання амплітуди та фазового зсуву сумарних зондуючих сигналів і блок обчислення. 4. Розроблено структурні та принципові схеми вольтметра середньоквадратичних значень підвищеної точності. Виготовлено лабораторний макет та досліджено його метрологічні характеристики. 5. Розроблено та виготовлено лабораторні макети пристроїв пошуку об'єктів, визначення дальності та їх коефіцієнтів відбиття за багаточастотним фазовим методом. Перевірена працездатність методу за допомогою розроблених та виготовлених макетів шляхом вимірювання неоднорідностей кабельних ліній зв'язку. 6. Розроблено структурні схеми систем радіолокаційного спостереження, які в своєму складі мають наступні обов'язкові блоки: синтезатор сітки частот або синтезатор сигналу з прямокутною обвідною спектру; приймально-передавальний блок, який може складатись з однієї передавальної та однієї або трьох прийомних антен; блоку вимірювання фазових зсувів та амплітуд спільних сигналів чи блоку дискретного перетворення Фур'є; обчислювального пристрою та індикатора. 7. Розроблено алгоритм роботи багаточастотних фазових систем визначення дальності та радіальної швидкості повітряних цілей, які дозволяють в автоматичному режимі формувати сітку часто зондувальних сигналів, проводити зондування цілей, вимірювати фазові зсуви та амплітуди сумарних відбитих сигналів, розраховувати дальності, коефіцієнти відбиття цілей, радіальні швидкості рухомих цілей. Ефективність упровадження. Застосування розроблених методів дозволяє проводити виявлення і спостереження підповерхневих об'єктів, якими є міни, підземні тоннелі, комунікації тощо. Для застосування багаточастотних фазових методів є модифікації що дозволяють враховувати електрофізичні властивості різних підповерхневих середовищ, а це, в свою чергу, підвищує точність та роздільну здатність по глибині. Результати наукової розробки можна застосовувати для побудови радіолокаційних систем та комплексів різноманітного призначення. Сфера використання. Теоретичні положення та методи радіолокаційних вимірювань можна використовувати для розробки принципово нових систем дальнометрії та вимірювання радіальної швидкості цілей як у цивільній та і у військовій областях. Особливо це актуально при розробці радіолокаційних систем, що повинні розрізняти цілі на невеликих відстанях одне від одного на одній лінії. Особливістю способу є можливість застосування неперервних зондуючих сигналів, що дозволить розробляти радіолокаційні системи із одночасним високоточним вимірюванням як дальності так і радіальної швидкості цілей. Також є можливість застосування зондуючих сигналів з прямокутною обвідною спектра та мінімальним пік-фактором, що представляють собою детерміновані шумоподібні сигнали, які можуть забезпечити скритність зондування при збереженні переваг активних радіолокаційних систем

Реферат англійською:

Object of research: Theory of multifrequency phase radar distance measurement. Subject of research: Processes of multifrequency phase radar determination of range and radial velocity of moving and immobile targets. Objective: development of the theory of multifrequency phase-rangefinder, development and research of methods of radar measurement of range and radial velocity of targets, taking into account frequency characteristics of systems, trajectories of radio wave propagation. Research methods. Methods of the theory of radio engineering systems, differential calculus, theory of complex numbers, linear algebra, theory of measurements, theory of errors, probability theory and mathematical statistics, methods of numerical solution of equations and systems of linear equations were used to solve problems posed in the dissertation. Experimental studies were conducted using experimental models and measuring instruments as well as physical and mathematical simulation methods through numerical analysis and computer simulation using the application package Maple15, MatLab2013 and computer programs written in programming languages C++ and Pascal. Theoretical results. The theoretical foundations of multi-frequency phase measurements of the range of objects and their parameters have been further developed. The basis for further development of the theory is the interdependence of the amplitude and phase shift of the harmonic probing signals at different frequencies, which manifests itself in the growth and decrease of the amplitude of the total signal at the point of reception at acquisition, which made it possible to obtain analytical dependencies that establish the relationship between signals repelled from each object and total

reflected signal in trigonometric and exponential forms. The analytical multifrequency phase methods of measuring the range and parameters of objects, which consist in solving the system of nonlinear equations, are developed. which describes the dependencies of the total reflection of the harmonic signal and the signals reflected from each object at frequencies 1: 2: 3: ...: 2N. To record the system of equations, N is probed by 2N signals. The result of the solution of the system of equations is the value of the parameters of the vectors of harmonic signals, reflected from each object. The dependences of error and resolution of multifrequency phase methods from the error of determining the grid of probing frequencies, the frequency step, the error of the determination of phase shifts, and the amplitudes of the total reflection signals are investigated. A mathematical modeling of the range measurement was conducted, which showed that the error of measuring the range and the resolution with decreasing error of frequency setting and expanding the step of changing the frequency of probing signals decreases with exponential dependence. With a decrease in the measurement error of phase shift and the amplitude of total probe signals, the measurement error of the range falls linearly. The analytical dependencies of finding the errors of measuring the range by different methods are obtained, depending on the errors of determining the parameters of the total harmonic signals. In the application of analytical phase methods for measuring the range, the number of conditionality of the matrix of the system of equations, which describes the relationships between total sounding signals and signals shifted from each object, has a significant influence on the accuracy of the distance determination. Practical results. 1. Mathematical models and algorithms of mathematical modeling of the multifrequency phase method are developed, taking into account instability of frequency of probing signals, influence of noise on the results of sounding and measuring of phase shifts and amplitudes of aggregate signals. As a result of mathematical modeling in the MatLab environment, the adequacy of the analytical expressions of the multi-frequency phase method for measuring the range of sub-surface objects is shown. 2. Structural schemes and algorithms of sub-surface radar sounding systems are developed. The main blocks of the circuit are the synthesizer of probing frequencies, blocks of measurement of amplitude and phase shift of the total probing signals and the unit of calculation. 4. The structural and principle schemes of the voltmeter of the mean-square values of increased accuracy are developed. A laboratory model has been manufactured and its metrological characteristics have been investigated. 5. Laboratory models of devices for finding objects, determining the range and their coefficients of reflection by the multifrequency phase method are developed and manufactured. Proven performance of the method with the help of developed and manufactured models by measuring the heterogeneities of cable lines. 6. Structural schemes of radar surveillance systems have been developed, which in their composition have the following compulsory blocks: frequency grid synthesizer or signal synthesizer with a rectangular by-pass spectrum; a receiving and transmitting unit, which can consist of one transmitting and one or three receiving antennas; a block of measurement of phase shifts and amplitudes of common signals or a block of discrete Fourier transform; computing device and indicator. 7. The algorithm of operation of multi-frequency phase systems for determination of range and radial velocity of air targets, which allows to automatically generate a grid of probing signals in an automatic mode, conduct sounding of targets, measure phase shifts and amplitudes of total reflection signals, calculate the range, coefficients of reflection of targets, radial velocities of moving goals. Efficiency of implementation. The application of the developed methods allows to detect and observe sub-surface objects, which are mines, underground tunnels, communications, etc. For multi-frequency phase methods, there are modifications that allow for taking into account the electrophysical properties of different subsurface environments, which, in turn, increases the accuracy and resolution in depth. The results of scientific development can be used for the construction of radar systems and complexes of various purposes. Scope of use. Theoretical positions and methods of radar measurements can be used for the development of fundamentally new systems of ranging and measurement of radial velocity of targets in civilian and military areas. This is especially true in the development of radar systems, which must distinguish between targets at short distances from each other on a single line. The feature of the method is the possibility of using continuous probing signals, which will allow the development of radar systems with simultaneous high-precision measurements of both range and radial velocity of objectives. It is also possible to use probe signals with a rectangular by-pass spectrum and a minimum peak factor, which are deterministic noise signals, which can

provide secrecy of sounding while preserving the advantages of active radar systems

Індекс УДК: 621.396.6.002.72; 621.396.6:621.717, 621.396.96

Коди тематичних рубрик: 47.13.13

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Любчик Віталій Романович

Науковий ступінь: д. т. н.

Вчене звання: доц.

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Методи теорії багаточастотної фазової радіолокаційної дальнометрії

Назва НТП англійською: Methods of theory of multifrequency phase radar ranging

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати:

Галузь застосування: 72.19

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Розроблено аналітичні багаточастотні фазові методи вимірювання дальності та параметрів об'єктів, які полягають у розв'язанні системи нелінійних рівнянь, яка описує залежності сумарного відбитого гармонічного сигналу та сигналів, відбитих від кожного об'єкту на частотах з кратністю $1:2:3:\dots:2N$. Для запису системи рівнянь проводиться зондування N об'єктів $2N$ сигналами. Результатом розв'язання системи рівнянь є значення параметрів векторів гармонічних сигналів, відбитих від кожного об'єкту. Отримано аналітичні залежності знаходження похибок вимірювання дальності різними методами в залежності від похибок визначення параметрів сумарних гармонічних сигналів

Соціально-економічна спрямованість НТП:

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: 2017 - 2018 роки

Закінчення етапу:

Споживачі продукції: ТОВ "ТОПСітіСервіс", ТОВ "СіменКомінжинірінг" м. Хмельницький

Перспективні ринки: Виробництво радіолокаційних систем в галузі ВПК, медичне устаткування

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

IX. Бібліографічний опис

1 Chesanovskyi Ivan. Application of non-stationary signals matched windowing in pulse radiolocation tasks / Ivan Chesanovskyi, Yuliia Babii, Denis Levchunets // Proceedings of the XIII th International Conference "Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science" / TCSET'2016, February 23 - 26, 201

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Войнареко Михайло Петрович

Перелік осіб-виконавців

Євтушок Володимир Павлович

Карпова Леся Вікторівна

Левчунець Денис Олександрович

Любчик Віталій Романович

Рибій Віктор Олександрович

Сенчишина Юлія Володимирівна

Стецюк Віктор Іванович

Чесановський Іван Іванович

Шинкарук Олег Миколайович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Телефон

Реєстратор

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**

