

СЕКЦІЯ 15

СУЧАСНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ. ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЯВЛЕННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Керівники секції: генерал-майор О.В. Струцінський;
д.т.н. проф. В.Д. Карлов
Секретар секції: к.т.н. А.В. Тугай

ПРО МОЖЛИВІСТЬ ЗМЕНШЕННЯ ПОМИЛКИ ОЦІНКИ ЗСУВУ ДАЛЬНОСТІ РУХОМОЇ ЦІЛІ В ТРОПОСФЕРНОМУ РАДІОХВИЛЕВОДІ НАД МОРЕМ В БАГАТОЧАСТОТНОМУ ВИМІРЮВАЧІ

*О.В. Струцінський²; І.Г. Леонов¹, д.т.н., доц.; А.М. Коржов¹, к.т.н., доц.
¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;
²Військова частина А0780*

Сигнал, що приймається РЛС, схильний до дії не лише аддитивних, але і мультиплікативних перешкод, що мають яскраво виражений негаусівський характер щільності вірогідності. Причини появи мультиплікативних перешкод в радіолокаційному каналі над морем зазвичай пов'язують з багатопроневим характером поширення радіохвиль в тропосферних радіохвилеводах і параметрами руху цілі. Для цілей тих, що мають значні елементи, що обертаються, (вертольоти) додатково з'являються мультиплікативні перешкоди, пов'язані з "гвинтовим" ефектом.

У доповіді розглянутий вплив мультиплікативних перешкод на точність виміру дальності до рухомої простої цілі, яка знаходиться в тропосферному радіохвилеводі над морем. Аналізуються помилки виміру дальності до вертольота, які обумовлені обертанням його гвинтів. Запропоновано методи підвищення точності вимірів при використанні багаточастотних вимірювачів і апріорної інформації про кореляційні властивості мультиплікативних перешкод.

Проведена оцінка можливості зменшення помилки оцінки зсуву дальності рухомої цілі в тропосферному радіохвилеводі над морем в багаточастотному вимірювачі.

PLASMA ANTENNA ON THE FIRST HARMONIC OF URGENT WAVE

*V. Karlov¹, Doctor of Engineering Sciences, Professor;
A. Artemenko², Candidate of Engineering Sciences;
Y. Kirichenko³, Doctor of Physics and Mathematics, Professor;
O. Lukashuk¹, Candidate of Engineering Sciences.*

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²General Staff of the Armed Forces of Ukraine;

³National Science Center Kharkiv Institute of Physics and Technology

In well-known works, the features of using cylindrical plasma antennas with azimuthally symmetric traveling waves in radar are considered in detail. At the same time, insufficient attention was paid to the theoretical and numerical investigation of plasma antennas with an azimuthally asymmetric traveling wave operating on the first harmonic.

The report attempts to close this gap. When considering a plasma antenna, in contrast to the known works, electron collisions with atoms are taken into account. The plasma is assumed to be cold and isotropic. The method of dispersion equation is used. The real part of the solution to this equation gives the propagation constant, and the imaginary part gives the attenuation coefficient of the traveling wave. To find radiation patterns of radiation, retarded potentials in the far zone are calculated. It is shown that radiation patterns strongly depend on the slowing down of waves in the antenna. The dependences of wave deceleration on plasma density are determined. The dependence of the radiation patterns on the plasma density, the geometric parameters of the plasma cylinder and the frequency of the electron atomic collisions is investigated. The minimum plasma density values were found at which the normalized radiation patterns are sharply directed and have a main lobe located at a zero angle to the axis of the antenna. It is shown that the antenna operating on the first harmonic has the following advantages as compared to an antenna with an azimuthally symmetric harmonic: the working plasma density is much lower, the radiation is directed in the strictly axial direction, the low level of the side lobes of the radiation patterns, and the radiation patterns itself are less dependent on electron-atomic collisions.

RADIATION OF A PLASMA CYLINDER WITH A STRONG LONGITUDINAL INHOMOGENEITY

*V. Karlov¹, Doctor of Technical Engineering Sciences, Professor;
A. Artemenko², Candidate of Engineering Sciences;
Y. Kirichenko³, Doctor of Physics and Mathematics, Professor;
O. Biesova¹, Candidate of Engineering Sciences.*

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University;

²General Staff of the Armed Forces of Ukraine;

³National Science Center Kharkiv Institute of Physics and Technology

The report presents the results of theoretical studies on the possibility of converting a surface axially symmetric wave into radiation in a longitudinally inhomogeneous plasma cylinder, which serves as the basis of a plasma antenna. The

system of integral equations for the coefficients of the expansion of the wave field in surface and spatial waves is obtained by the method of spectral decomposition. The calculations are performed for various values of the electric radius of the cylinder and the electric length of the plasma inhomogeneity section.

It is shown that with an increase in the dielectric constant gradient, the fraction of the energy of the surface wave, which is converted into radiation, increase and can reach 50%. It is shown that the transformation coefficients of the energy of the surface wave into radiation energy and the normalized radiation patterns are determined mainly by the electric radius of the cylinder and weakly depend on the electrical length of the plasma inhomogeneity portion. Therefore, with the power and plasma density introduced into the plasma cylinder unchanged, the electrical length of the inhomogeneity, which can vary during the experiment, has little effect on the energy and angular distribution of the plasma cylinder radiation. The latter circumstance contributes to the stability of the radiation of the antenna. It is substantiated that in the case under consideration, the normalized radiation patterns have one lobe located at a small angle to the axis of the plasma cylinder. It is shown that this angle, as well as the width of the petal, decreases with increasing rate of change in plasma density and is equal to several degrees.

EVALUATION OF THE ACCURACY OF MEASURING THE RADIAL VELOCITY OF A TARGET WITH AN EXPONENTIAL AND ALTERNATING DECREASE IN PHASE CORRELATION OF THE BURST RADIO SIGNAL

V. Karlov¹, Doctor of Technical Sciences, Professor;

O. Kuznietsov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

A. Artemenko², Candidate of Technical Sciences

¹Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

²General Staff of the Armed Forces of Ukraine;

³National Science Center Kharkiv Institute of Physics and Technology

Determination of the radial velocity of the target during the primary processing of radar information is implemented in coherent-pulse radar, which use a coherent burst of radio pulses as a sounding signal.

The report deals with the estimation of the radial velocity when using a coherent burst of radio pulses as applied to the presence of correlated fluctuations of the initial phases in the radio pulses reflected from the target. The accuracy of the measurement of the burst frequency is evaluated for case of coordinated processing without taking into account the phase fluctuations. The signals at the input of the radar's receiver is an additive mixture of signals reflected from the targets, and uncorrelated Gaussian noise, that is the assumption of investigating.

It is assumed, that the phase fluctuations of the received radio pulses bursts are distributed according to normal probability laws with zero mean, and correlations of phase fluctuations decrease with exponential or alternating, sign-variable laws by increasing interval between radio pulses within the bursts. This analysis makes it possible to determine the conditions under which the complication of the processing algorithm for this radar signal is considered justified.

ВРАХУВАННЯ ФАЗОВИХ СПОТВОРЕНЬ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СИГНАЛУ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ДАЛЬНОСТІ ДО ЦІЛІ В КОГЕРЕНТНО-ІМПУЛЬСНИХ РЛС ПРИМОРСЬКОГО БАЗУВАННЯ

*В.Д. Карлов¹, д.т.н., проф.; О.Л. Кузнєцов¹, к.т.н., доц.;
А.М. Артеменко², к.т.н.*

¹*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

²*Генеральний штаб Збройних Сил України*

При поширенні радіохвиль над морем виникає явище критичної та надрефракції, яке обумовлює флуктуації інформативних параметрів радіолокаційних сигналів. При цьому збільшується кількість аномальних спостережень та помилок неоднозначності вимірювання координат. У зв'язку із цим виникає задача розробки методів та засобів обробки радіолокаційної інформації, адаптивних до змінювання умов виконання бойових завдань.

Вдосконалення методів та засобів обробки радіолокаційної інформації та модернізації алгоритмів бойового функціонування з адаптацією до характеристик цілей та з урахуванням особливостей поширення радіохвиль на приморському напрямку є актуальною науковою та практичною задачею.

Поширення радіохвиль над морською поверхнею призводить до викривлень фазових та амплітудних характеристик прийнятих сигналів. У зв'язку із цим мають місце значні помилки вимірювання координат і параметрів руху цілі.

У доповіді розглянуто питання аналізу можливостей забезпечення заданої дальності дії РЛС. Обґрунтовано доцільність використання когерентної пачки радіоімпульсів для забезпечення необхідної дальності виявлення із заданими показниками якості. Доведена необхідність врахування статистичних характеристик корельованих фазових флуктуацій радіоімпульсів прийнятої пачки при вимірюванні дальності до цілі в когерентно-імпульсних РЛС.

ТОЧНІСТЬ ОПТИМАЛЬНОГО ВИМІРЮВАННЯ РАДІАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ЦІЛІ ПРИ ВРАХУВАННІ ФЛУКТУАЦІЙ ПОЧАТКОВИХ ФАЗ РАДІОІМПУЛЬСІВ ПАЧКИ

В.Д. Карлов¹, д.т.н., проф.; О.Л. Кузнєцов¹, к.т.н., доц.; А.М. Артеменко², к.т.н.

¹*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

²*Генеральний штаб Збройних Сил України*

Радіальна швидкість є важливим параметром руху цілі, який дозволяє визначати динаміку і напрямок її переміщення за результатом первинної обробки радіолокаційної інформації, а також обумовлює можливість і якість подальшої вторинної обробки та супроводження цілі.

Розглядаються питання оцінювання радіальної швидкості цілі при використанні когерентної пачки радіоімпульсів стосовно випадку наявності у відбитих від цілі радіоімпульсах корельованих флуктуацій початкових фаз.

Оцінюється точність вимірювання частоти пачки для випадку оптимальної обробки з врахуванням фазових флуктуацій її радіоімпульсів. Вважається, що фазові флуктуації радіоімпульсів прийнятої пачки розподілені за нормальним законом с нульовим середнім, а кореляція фазових флуктуацій зі збільшенням інтервалу між радіоімпульсами пачки убуває за експоненціальним або знакозмінним законами.

Оптимальне оцінювання доплеровського зміщення частоти відбитого від цілі сигналу здійснюється за критерієм максимуму натурального логарифма відношення правдоподібності усередненого по усім можливим значенням випадкових неінформативних параметрів.

При оптимальному оцінюванні, точність вимірювання радіальної швидкості цілі суттєво залежить від статистичних характеристик фазових флуктуацій, значення яких визначають особливості обробки радіосигналу в когерентно-імпульсних РЛС.

ЗНИЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ПАЧКИ РАДІОІМПУЛЬСІВ ВНАСЛІДОК ВПЛИВУ УМОВ ЇЇ ПОШИРЕННЯ І ВІДБИТТЯ

*В.Д. Карлов¹, д.т.н., проф.; О.Л. Кузнєцов¹, к.т.н., доц.;
А.М. Артеменко², к.т.н.*

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;

²Генеральний штаб Збройних Сил України

Виконання сучасними аеродинамічними цілями завдань за призначенням на малих та гранично малих висотах з огинанням рельєфу місцевості та зростання їхніх маневрених можливостей обумовлює необхідність оцінювання радіолокаторами різних класів похідних дальності до цілі з максимально високою точністю.

У доповіді надаються результати оцінювання точності вимірювання частоти пачки для випадку узгодженої обробки без врахування фазових флуктуацій. Наведено результати експерименту по визначенню статистичних характеристик радіолокаційних сигналів, відбитих від місцевих предметів, розташованих за межами дальності прямої видимості, при поширенні радіохвиль в умовах аномальної рефракції над морем. Отримані гістограми розподілу початкової фази відбитого сигналу РЛС апроксимовані кривою, що відповідає нормальному закону розподілу, а нормована кореляційна функція має осцилюючий характер.

Оцінювання частоти радіолокаційного сигналу здійснюється за критерієм максимуму натурального логарифма відношення правдоподібності. В явному вигляді отримано достатню статистику за наявністю фазових флуктуацій. Результати вказують на те, що для в сучасних РЛС в умовах регулярного вимірювання, на точність оцінювання частоти пачки радіоімпульсів в значно більшому ступені впливають статистичні характеристики флуктуації фаз ніж відношення сигнал-шум.

ОПТИМАЛЬНЕ ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ ДО ЦІЛІ В КОГЕРЕНТНО-ІМПУЛЬСНІЙ РЛС ПРИ ВРАХУВАННІ ФАЗОВИХ СПОТВОРЕНЬ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СИГНАЛУ

В.Д. Карлов¹, д.т.н., проф.; О.Л. Кузнєцов¹, к.т.н., доц.;
А.М. Артеменко², к.т.н.

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;

²Генеральний штаб Збройних Сил України

Для сучасної радіолокаційної техніки питання аналізу можливостей забезпечення заданої дальності дії є актуальними та важливими з практичної точки зору.

В доповіді доводиться доцільність використання когерентної пачки радіоімпульсів для забезпечення необхідної дальності виявлення із заданими показниками якості.

Надується порівняльний аналіз можливостей використання поодинокого і пачкового радіосигналів та доводиться необхідність врахування корельованих фазових флуктуацій радіоімпульсів прийнятої пачки при вимірюванні дальності до цілі.

Вважається, що фазові флуктуації розподілені за нормальним законом із нульовим середнім, а їх кореляція убуває зі збільшенням інтервалу між радіоімпульсами пачки за експонентним або знакозмінним законами. На вхід приймального пристрою РЛС надходять відбиті від цілей сигнали на фоні некорельованого гаусівського шуму. Розгляд проводиться для моделі сигналу з випадковою амплітудою та початковою фазою. Оцінювання часу запізнення радіолокаційного сигналу здійснюється за критерієм максимуму натурального логарифма відношення правдоподібності, усередненого по усім можливим значенням випадкових неінформативних параметрів. В явному вигляді отримано вираз нормованої функції розузгодження когерентної пачки за наявністю фазових флуктуацій її радіоімпульсів. Врахування фазових флуктуацій радіоімпульсів прийнятої пачки при вимірюванні дальності до цілі дозволить покращити ефективність вирішення когерентно-імпульсними РЛС завдань за призначенням.

ВИКОРИСТАННЯ ТРОПОСФЕРНИХ РАДІОВОЛНОВОДІВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВЕРТОЛЬОТІВ НАД МОРСЬКОЮ ПОВЕРХНЕЮ

В.Д. Карлов¹, д.т.н., проф., О.В. Струцінський², О.В. Бессова¹ к.т.н.

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;

²Військова частина А 2533

Як відомо, боротьба з вертольотами, особливо з бойовими є активною задачею у сучасних умовах. Як показує досвід бойових дій останніх років, успішна боротьба з вертольотами можлива лише на основі ретельно організованої та проведеної розвідки з метою своєчасного виявлення цих літальних апаратів та сповіщення військ про їх наближення. Враховуючи той факт, що вертоліт здійснює політ на малій висоті, у наш час як і завжди, актуальною задачею є задача збільшення дальності виявлення. При цьому традиційні методи збільшення дальності виявлення радіотехнічних систем за рахунок збільшення висоти підйому антени не завжди є ефективними, враховуючи рельєф місцевості в Україні. У зв'язку з тим, найбільш

прийнятним є збільшення дальності виявлення вертольотів, за рахунок використання тропосферних радіохвльоводів. У докладі наведено результати експериментальних робіт по встановленню часу існування тропосферних радіохвльоводів у східній частині України.

У якості експериментальних досліджень, були використані данні, які отримані за допомогою РЛС 19Ж6, яка розташована у східній частині України. Отримана інформація дозволила збільшити час, необхідний на розпізнання виявлених цілей, що знаходяться у межах тропосферного радіохвильовода та забезпечити необхідне для приведення у бойову готовність засобів знищення вертольотів супротивника.

THE CALCULATION OF THE NATURAL FREQUENCIES OF TUBULAR MANOMETRIC SPRINGS

*O. Chubukin, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Wound tubular springs used to measure high pressures are the most common sensing element of thermal and manometric instruments in aviation. Manometric tubular springs often operate in vibration (oscillatory motion), which adversely affects the accuracy of measurements of such devices. An important characteristic of devices' vibration is the frequency of natural vibrations of tubular springs, so it is necessary to determine the effect of geometric dimensions on this parameter. Most of the design of manometric springs with increased vibration resistance, have a variable cross section along the length of the tube.

In this study, we propose a method for calculating the natural vibration frequencies for springs that look like a curved rod with a variable cross-section, oscillating in the plane of curvature of the central axis. On the basis of this method, an algorithm and a computer program with which the calculations of natural oscillation frequencies are carried out. According to the results of calculations, the graphs of natural oscillation frequencies against the geometric parameters of tubular springs were built (the bending radius of the tube (R), thickness of the tube wall (h), rotation angle (γ) and the ratio of semiaxes of the elliptical tube preform (a/b)).

For springs with variable length cross-section, it is found that reducing the thickness of the tube wall from the fixed end to the free, as well as reducing the radius of the tube-workpiece from the fixed end to the free leads to an increase in the frequency of natural oscillations. Comparison of the manometric springs of various designs showed that the highest natural frequency oscillation have the springs, cross sections of which vary from three-leaved (in fixing point) to plane-oval (at free end). Natural frequency of tubular springs with a variable cross-section along the length, by 15–30% higher than the natural vibration frequencies of springs of conventional structures.

OPTIMIZATION OF WOUND TUBULAR MANOMETRIC SPRINGS

*O. Chubukin, Candidate of Technical Sciences
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

Wound tubular springs used to measure high pressures are the most common sensing element of thermal and manometric instruments in aviation. Their constructions are most technological, simple and reliable in their work. The

widespread use of tubular springs makes it important to formulate the problem of their optimal design.

The aim of the research was the creation of a mathematical model of the stress-strain state of an object, which later would be allowed to solve the problem of optimization its constructional parameters in automatic calculation algorithm at automatic spring design.

The basis of the calculation method was the theory of medium thickness shells based on the model of S. Tymoshenko.

The mathematical model of the stress-strain state proposed in the work allows to calculate it accurately at any point of the object under study and, therefore, when solving the problem of optimization the parameters of the object, not to go beyond the main limitation:

$$\sigma_i \leq [\sigma]$$

where σ_i - stress intensity at the i -th point

$[\sigma]$ - allowable stress.

The form in which the desired displacements, strains and stresses are presented allows the use of a hybrid adaptive method, the efficiency of which is higher than others one.

ВПЛИВ ОКИСЛЕННЯ НА ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЛІВОК AlV_2V_6

С.Г. Солнишкова, к.ф.-м.н.; Г.О. Моїсєєва, к.т.н., доц.

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Інтенсивний розвиток нанофізики і нанотехнологій стимулює дослідження квантових розмірних ефектів (КРЕ), що виявляються, коли розмір системи стає порівняним з довжиною хвилі де Бройля, і призводять до радикальної зміни властивостей. Одним з важливих наслідків розмірного квантування енергетичного спектра в двовимірних системах є поява осциляцій на залежностях транспортних властивостей від ширини d квантової ями. Напівпровідникові сполуки IV-VI відносяться до числа матеріалів, які зручні для спостереження КРЕ через малість ефективної маси і високу рухливості носіїв заряду. Після теоретичного передбачення і наступних експериментальних підтверджень різкого збільшення термоелектричної добротності Z при зменшенні ширини квантової ями до нанорозмірів зріс інтерес до дослідження наноструктур на основі IV-VI.

Експериментально і теоретично досліджено вплив процесів окислення на повітрі на гальваномагнітні і термоелектричні властивості тонких плівок IV-VI, отриманих без захисного покриття. Було показано, що взаємодія поверхні плівки з повітряною атмосферою навіть при кімнатній температурі істотно змінює d залежність кінетичних властивостей тонких плівок IV-VI без захисного покриття, приводячи до інверсії типу провідності і не дозволяючи виявити квантові розмірні осциляції. В рамках моделей сендвіча і напівпровідника з двома сортами носіїв заряду з урахуванням поверхневих акцепторних станів дано аналітичний опис d залежностей кінетичних властивостей тонких плівок IV-VI з різною концентрацією електронів. Теоретичні залежності добре відповідають експериментальним результатам.

ОЦІНКА КІЛЬКОСТІ СПЕКТРАЛЬНИХ КАНАЛІВ АКУСТООПТИЧНОГО ПРОЦЕСОРУ З ДИНАМІЧНОЮ СПЕКТРАЛЬНОЮ ФІЛЬТРАЦІЄЮ

С.О. Слабунов; Н.В. Слабунова

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

На сьогоднішній день існує велика кількість методів обробки зображення, що використовують акустооптичні елементи. До них відносяться немеханічні модуляції, сканування світловим променем в просторі, растрова оптична мікроскопія, електрично керована частотна і просторова фільтрація світла, аналіз амплітудної і фазової структури світлового потоку. Найбільший інтерес для виділення структурних особливостей об'єкта представляє узгоджена спектральна фільтрація зображення з можливістю керування смугою пропускання, яка здійснюється в роботі за допомогою використання акустооптичного процесора.

Одним з важливих параметрів акустооптичної взаємодії є кількість спектральних каналів. Очевидно, що зі збільшенням числа спектральних каналів ймовірність виявлення об'єкта зростає. Проте їхня кількість в робочому діапазоні динамічного спектрального фільтра обмежується інтермодуляційними спотвореннями, що зростають із зменшенням інтервалу між спектральними каналами, а також обмеженнями по сумарній потужності ультразвуку, яку здатна витримати акустооптична комірка. Ефективна фільтрація досягається при використанні не більше десятка спектральних каналів, тому актуальним завданням є розробка методу збільшення числа спектральних каналів динамічного акустооптичного процесора з метою підвищення ймовірності виявлення об'єкта.

ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ АЗИМУТ МАЛОВИСОТНОЇ ЦІЛІ, ЩО ЛОЦИРУЄТЬСЯ НАД МОРСЬКОЮ, ВОДНОЮ ТА РІВНИННОЮ ПОВЕРХНЯМИ

М.М. Петрушенко¹, д.т.н., проф.; В.Д. Карлов², д.т.н., проф.; К.П. Квіткін²
¹Військова академія;

²Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Аналіз методів використання авіації над морською, водною та рівнинною поверхнями свідчить про широке застосування її на малих та гранично малих висотах. В цьому випадку особливістю локації цілі є мала дальність її прямої видимості. Виходячи з цього, поряд з традиційними методами підвищення дальності виявлення, все більш набувають використання нетрадиційні методи, пов'язані з особливостями розповсюдження радіохвиль. В цьому випадку, як свідчать результати експериментальних досліджень, разом з підвищенням дальності виявлення цілей, що є позитивним, збільшуються похибки вимірювання координат та параметрів цілі – що є негативним фактором. У доповіді аналізується вплив випадкових флуктуацій фази радіолокаційного сигналу на середнє значення квадрату модулю просторової функції розголдження по параметрам кутової координати та кривизни фазового фронту. Розгляд проводиться в рамках припущень, що амплітудний розподіл на антенній системі враховувався, як рівномірний, а дисперсія фазових флуктуацій – постійною. Вважалось, що фазові флуктуації розподілені по

нормальному закону з нульовим середнім значенням, кореляційна функція має довільний вигляд. Наведена схема вимірювання азимуту цілі, яка дозволяє зменшити флуктуаційні похибки.

BOLOMETER RECEIVER FOR MEASURING OF HIGH LASER RADIATION CHARACTERISTICS

A. Natarova¹, Ph.D in physics and mathematics

N. Kokodiy², Dr. of science, professor

¹Ivan Kozhedub National Air Force University;

²V.N. Karazin Kharkiv National University

The grid receivers for measuring of laser radiation characteristics is a few of grids of metal wire by diameter from 10 to 100 μm , which are placed on the way of laser beam. It contains 4 grids. Their planes are placing by perpendicular to direction of beam radiation. The wire elements of grids are position by 0° , 45° , 90° and 135° to vertical line. I contains 8 nickels bolometers by a diameter 40 μm , which are placing in the distance 7.2 mm from each other. The bolometers are connecting to resistors by R resistance 150 Ohm. The voltage of scheme is 3 V. The windows diameter is 60 mm. The radiation is heating these wires (bolometers), and they are changing their electric resistance. It is possible to find the spatially-energetic characteristics of radiation by measuring of their resistances.

The mathematical methods are using for signal processing for these receivers. There are described the methods, which are to find the following characteristics and parameters of radiation:

- the radiation intensity distribution in the cross-section of laser beam;
- co-ordinates of radiation beam energetic center;
- diameter of radiation beam;
- direction of radiation polarization;
- of radiation pulse.

Intensity distributing is very important characteristic of electromagnetic radiation. It is possible to find the diameter of beam, coordinates of its energetic center, divergence of beam, total power or pulse, when this function knows.

СТВОРЕННЯ ШТУЧНИХ ТРОПОСФЕРНИХ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ ШЛЯХОМ НЕЛІНЕЙНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗВУКУ

В.Л. Місайлов¹, к.т.н., с.н.с.; Ю.М. Ульянов², к.т.н., с.н.с.

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;

²Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

При поширенні звукових хвиль в атмосфері у більшості випадків вважається, що повітря є однорідним ізотропним недиспергуючим середовищем. Акустична хвиля у повітрі є повздовжньою і являє собою чергування зон підвищеного і зменшеного тиску. Зміна тиску призводить до зміни щільності повітря і, як наслідок, його діелектричної проникності. Тобто акустична хвиля створює у повітрі штучні неоднорідності, на яких може відбуватися розсіяння електромагнітних хвиль. Природно, що для збільшення коефіцієнту відбиття радіохвиль необхідно збільшувати амплітуду звукових коливань, але застосування традиційного шляху концентрації енергії

вужкому проміні за допомогою збільшення апертури випромінювача та амплітуди його руху призводять до різкого зростання габаритів, а також переходу звукової хвилі в ударну і, як наслідок, розширенню спектру випромінювання та перерозподілу енергії всередині спектру. Можливим шляхом подолання цих недоліків є використання ефекту нелінійного розсіяння акустичної хвилі однієї частоти на акустичній хвилі іншої частоти із отриманням випромінювання на різницевій частоті.

В доповіді наведені результати експериментальних досліджень коефіцієнту нелінійного перетворення енергії двучастотного звукового випромінювання в залежності від величини рознесення за частотою, рівня та виду модуляції вихідного випромінювання.

ЩОДО ПИТАННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЕДЕННЯ ЗАСОБІВ МАЛОКАЛІБЕРНОЇ ЗЕНІТНОЇ АРТИЛЕРІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ, ОБРОБКИ, ВІДОБРАЖЕННЯ І АНАЛІЗУ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ПОВІТРЯНУ ОБСТАНОВКУ

*І.Г. Леонов, д.т.н., проф.; С.П. Леценко, д.т.н., проф.;
А.С. Присяжний, к.т.н.; О.В. Карпенко, к.т.н., доц.; С.Г. Леушин
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Досвід використання засобів малокаліберної зенітної артилерії в зоні АТО та ООС свідчить про велику уразливість особового складу, який її експлуатує. В рамках НДР була запропонована оригінальна система дистанційного керування засобами малокаліберної зенітної артилерії без присутності на них військовослужбовців шляхом використання напівавтоматичного режиму керування за допомогою крокових двигунів, з можливістю дистанційного режиму керування по завадостійкому каналу передачі даних з використанням багаточастотного сигналу. Також розроблена і успішно пройшла випробовування автоматизована система збору, обробки, відображення і аналізу інформації про повітряну обстановку “Вираж-планшет”.

У доповіді особливу увагу приділено дистанційному наведенню засобів малокаліберної зенітної артилерії за допомогою автоматизованої системи збору, обробки, відображення і аналізу інформації про повітряну обстановку по завадостійкому каналу передачі даних з використанням багато частотного сигналу, що дозволить використовувати ЗУ-23-2 в якості зенітної гармати в боротьбі з маловисотними та малорозмірними цілями, при встановленні їх на стаціонарних та рухомих об’єктах.

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ У БІСТАТИЧНІЙ РЛС З ЧАСТОТНО-КУТОВИМ СКАНУВАННЯМ

*В.С. Куц, к.т.н., доц.
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

До основних напрямків розвитку радіолокаційних станцій та систем для виявлення та супроводження повітряних об’єктів наразі відноситься, зокрема, застосування нетрадиційних для радіолокації різновидів сигналів та алгоритмів їх оброблення шляхом створення можливостей щодо використання їх у просторово рознесеному варіанті прийому.

Пропонується варіант формування передавачем та активною ФАР зонduючого сигналу з частотно-кутовим скануванням променя РЛС. Таким шляхом можливе створення бістатичної або мультістатичної системи з винесеними приймальними пунктами для виявлення повітряних або надводних об'єктів в морській зоні. Характерною ознакою способу оброблення такого сигналу такої системи є узгоджена фільтрація з паралельним використанням сумарно-далекомірного та різницево-далекомірного варіантів місцевизначення цілі. Поряд із позитивними рисами подібного варіанту одним з проблемних питань при цьому є ускладнення засобів достатньо якісної часової та частотно-фазової синхронізації приймальних та передавальних пунктів, що особливо важливо для когерентних систем.

Пропонуються можливі для реалізації апаратно-програмні засоби удосконалення часової та фазової прив'язки вимірювань для підвищення точності місцевизначення. Наводяться результати комп'ютерного моделювання з розрахунками потенційних показників точності синхронізації та місцевизначення. Пропозиції ґрунтуються на потенційних можливостях цифрового та радіолокаційного обладнання.

АКТИВНА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА З ДИНАМІЧНОЮ СПЕКТРАЛЬНОЮ ФІЛЬТРАЦІЄЮ

*Л.Ф. Купченко, д.т.н., проф.; С.О. Слабунов; А.В. Пономарь
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Викладається метод підвищення ймовірності виявлення об'єктів оптико-електронними системами повітряного базування при слабкому освітленні поверхні, що зондується. Він полягає у використанні принципів узгодженої динамічної фільтрації і включає використання лазерних багатоспектральних сигналів, що формуються на основі апріорних відомостей про характеристики цілі і фону та дозволяє зменшити величину спектральних складових сигналу відбитого від поверхні, що належить фону.

Метод є подальшим розвитком пасивних оптико-електронних систем виявлення по спектральних ознаках, в яких забезпечується керована спектральна фільтрація. Акустооптичний процесор в пасивних системах виконує дві функції – забезпечує розкладання прийнятого випромінювання на спектральні компоненти та змінює коефіцієнт пропускання кожної спектральної компоненти, таким чином, щоб забезпечити максимальне придушення спектральних складових випромінювання фону при мінімальному ослабленні оптичного сигналу об'єкта.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що в ній розробляється не пасивна, а активна оптико-електронна система виявлення об'єктів, в якій збережений алгоритм, що забезпечує підвищення ймовірності виявлення на основі принципів пасивної узгодженої динамічної фільтрації. У системі, замість елемента селекції, керовану спектральну фільтрацію забезпечує блок лазерних випромінювачів, який формує керований по амплітуді багатоспектральний сигнал, що зондує досліджувану поверхню.

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ РОЗРІЗНОВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ РЛС З КОРЕЛЯЦІЙНО-ФІЛЬТРОВОЮ ОБРОБКОЮ СИГНАЛІВ

В.Є. Кудряшов, к.т.н., доц.; В.П. Катков;

С.А. Тузіков, к.т.н., доц.; Д.С. Роменський

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Проведені теоретичні дослідження можливості застосування в РЛС з кореляційно-фільтровою обробкою квазібезперервних сигналів модифікованих алгоритмів цифрового спектрального аналізу (ЦСА). Запропоновані алгоритми забезпечують значно більшу розрізняльну здатність за частотою порівняно з класичними алгоритмами ЦСА на фоні гаусових завад. Це дозволяє значно підвищити розрізняльну здатність за радіальною швидкістю повітряних цілей в РЛС з кореляційно-фільтровою обробкою квазібезперервних сигналів. Приведені результати математичного моделювання запропонованої обробки стиснутих за спектром широкосмугових сигналів.

АЛГОРИТМ ФАЗУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ФАР З ДИСКРЕТНИМИ ФАЗООБЕРТАЧАМИ

Л.Г. Корнієнко, д.т.н., проф.; В.В. Бєлоусов, к.т.н., доц.;

В.П. Катков; В.О. Карпович

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Для досягнення високих технічних показників РЛС використовують антенні системи з оптимальними характеристиками. ФАР з оптимальним амплітудним розподілом чутливі до похибок, що виникають при дискретному фазуванні. У ДС виникають не тільки комутаційні пелюстки, але і збільшується загальний рівень бічного випромінювання. Для усунення цих ефектів дискретні фазообертачі (ФО) повинні мати високу розрядність, що суттєво ускладнює систему управління променем. В роботі розглянутий алгоритм фазування, побудований на принципі використання віртуального початкового нелінійного фазового розподілу. Він дозволяє виконати апроксимацію потрібного лінійного фазового розподілу неперіодичною ступінчастою функцією. Найдені параметри віртуального фазового розподілу, які руйнують комутаційні пелюстки до заданого рівня при використанні дискретних ФО з пониженою розрядністю. Проведено комп'ютерне моделювання лінійної ФАР із ста випромінювачів з оптимальним дольфе-чєбїшевським амплітудним розподілом. Для забезпечення сканування формування ДС з рівнем бічних пелюсток -30 дБ потрібний восьмирозрядний ФО. Застосування алгоритму з віртуальним фазовим розподілом дозволило зменшити число розрядів ФО до п'яти.

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ФАР З ПРОСТОРОВИМИ СХЕМАМИ ЗБУДЖЕННЯ

*Л.Г. Корнієнко, д.т.н., проф.; В.В. Белоусов, к.т.н., доц.;
В.П. Катков; М.О. Опанасюк*

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

У пересувних РЛС використовуються ФАР з просторовими схемами збудження «на прохід». ФАР збуджується хвилею зі сферичним фронтом, виникає початковий квадратичний фазовий розподіл, що потрібно враховувати в системі управління променем (СУП). Діаграма спрямованості ФАР з низьким рівнем бічних пелюсток досить чутливі до похибок в амплітудно-фазовому розподілі, що потребує використання фазообертачів (ФО) з високою розрядністю і ускладнення СУП. В роботі для зниження розрядності дискретного ФО представлений алгоритм, у якому потрібний лінійний фазовий розподіл зменшується на значення квадратичного фазового розподілу, потім виконується його дискретизація на рівнях, кратних фазовому дискрету з мінімальною похибкою, після чого застосовується операція скидання фази на 2π . Хвиля, що пройшла такий ФО, має фазу, яка дорівнює сумі фазового зсуву ФО і початкової фази. Моделювання ФАР з рівнем бічних пелюсток -27 дБ в секторі сканування $\pm 45^\circ$ показало, що управління ФАР за розглянутим алгоритмом дозволяє отримати ДС з заданим рівнем бічного випромінювання і шириною ДС 1,5 на межі сектора сканування при використанні типового чотирьохрозрядного ФО при умові, що сферичний фронт хвилі на краях лінійної решітки має фазове запізнення на 2,5л.

МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДА ВІДБИВНОЇ ТРАКТОВКИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПОЛЯ СКЛАДНИХ АНТЕН

Л.Г. Корнієнко, д.т.н., проф.

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Для розрахунку поля антен, висота установки яких значно перевищує довжину хвилі λ над плоскою поверхнею, використовується метод відбивної трактовки. Цей метод дозволяє визначити поле антен, які мають фазовий центр. У сучасних РТС для формування спеціальних діаграм спрямованості (ДС) застосовуються досить складні антени, які випромінюють хвилі з несферичним фронтом відносно початку обраної для розрахунків системи координат. У таких антенах або відсутній фазовий центр, або початок координат не збігається з ним. Метою роботи є поширення методики відбивної трактовки для розрахунку поля високо піднятих антен, які випромінюють несферичний фронт хвилі, і оцінка впливу фазової характеристики антени на її діаграму спрямованості. Отримані формули для розрахунку поля і ДС складних антен, які відрізняються від відомих тим, що в різниці фаз між прямою і відбитою хвилею додатково врахована різниця фаз, що виникає внаслідок випромінювання антеною несферичного фронту хвилі. Проведені

розрахунки ДС антенної решітки з горизонтальною поляризацією, початок координат якої піднятий на висоту $3,7\lambda$ над сухим ґрунтом. Показано, що врахування фазової характеристики антени призводить до суттєвих відмінностей в ДС, особливо тих її пелюсток, що знаходяться вище приземної. Наведені результати можуть бути використані для розрахунку зон виявлення РЛС метрового діапазону хвиль.

ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АНТЕН РЛС МЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ДІАГРАМ ВИДИМОСТІ

*Л.Г. Корнієнко, д.т.н., проф.; М.І. Рожков, к.т.н., доц.
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Предметом дослідження є методика математичного моделювання антен РЛС метрового діапазону хвиль, на формування діаграм спрямованості (ДС) яких істотно впливає земна поверхня. Метою роботи є розробка та аналіз математичної моделі діаграми видимості, яка узагальнює відому модель на випадок, коли антена РЛС має зміну в межах головного пелюстка фазову характеристику. Модель враховує особливості побудови антени, випромінювачі якої у вигляді хвильових каналів розташовані на двох поверхнях, що дозволяє підбором висот поверхів і способу їх збудження досягти допустимого компромісу між глибиною провалів та дальністю виявлення маловисотних цілей. У таких антенах, зазвичай, відсутній фазовий центр, тому в математичній моделі діаграми видимості враховані не тільки амплітудні, а й фазові характеристики антени. Проведені розрахунки діаграм видимості, що ілюструють вплив на їх параметри електричних властивостей земної поверхні, висоти підйому антени та її нахилу відносно горизонту. Математична модель реалізована за допомогою пакета Mathcad. Комп'ютерна модель дозволяє при змінних конструкції антени або електричних параметрів земної поверхні оперативно оцінювати діаграми видимості та можливості її управління для поліпшення умов виявлення цілей під певними кутами місця.

ЛАБОРАТОРНО-ДОСЛІДНИЙ МОДУЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ФАЗОМАНІПУЛЬОВАНОГО СИГНАЛУ НА ФОНІ ШУМУ

*А.С. Кійко, к.ф.-м.н.; В.А. Степаненко, к.т.н., доц.
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Фізична реалізація дослідження оптимальної фільтрації фазоманіпульованих (ФМ) сигналів потребує досить складного і дорогого обладнання. Саме дослідження у цьому випадку за допомогою контрольно-вимірювальної апаратури також складне і вимагає багато часу. Схемотехнічне моделювання оптимальної обробки сигналів дозволяє суттєво зменшити обсяг апаратури та часу дослідження і тому є доцільним при виконанні лабораторних робіт з дисципліни “Теорія електрорадіотехнічних кіл та сигналів”. Стандартна бібліотека програми схемотехнічного моделювання MICRO CAP не містить моделі ФМ сигналів, джерел завад (шумів) і схем оптимальної фільтрації. У зв'язку з цим була створена модель джерела ФМ

сигналу у вигляді 11-елементного коду Баркера, модель джерела завади (шуму) та модель оптимального фільтра, узгодженого з кодом Баркера. Окрім того, для визначення дисперсії шумів та відношення сигнал/шум на виході фільтра була розроблена модель блоку виміру дисперсії. Розроблена модель обробки в цілому дозволяє дослідити імпульсну та частотну характеристики оптимального фільтра, автокореляційну функцію ФМ сигналу, вихідний сигнал фільтра при дії на вході суміші ФМ сигналу та шуму, а також розрахувати відношення сигнал/шум на виході фільтра.

ДО ПИТАННЯ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ ТА КУТОВОЇ КООРДИНАТИ ЦІЛІ, ЩО МАНЕВРУЄ, ПРИ ЇЇ РАДІОЛОКАЦІЇ НАД МОРЕМ

*К.П. Квіткін¹; М.М. Петрушенко², д.т.н., проф.; А.І. Нос¹, к.т.н., доц.
¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба
²Військова академія*

При виявленні повітряної цілі, як свідчить досвід радіолокаційної практики, у випадку, якщо ціль маневрує, то для її супроводження необхідно мати інформацію про її кутову швидкість та кутову координату. Найбільш доцільним методом вимірювання вказаних параметрів, як обґрунтовано зазначено в доповіді, в даних умовах спостереження є фазометричний метод. Але, оскільки у випадку, що розглядається, локація цілей здійснюється під малими кутами міста, то на вимірювання вказаних параметрів суттєвий вплив здійснює обумовлені середовищем розповсюдження радіохвиль флуктуації фази відбитого сигналу. В доповіді на основі експериментальних даних обґрунтовується, що флуктуації фази сигналу, відбитого від цілі, що знаходиться за межами радіогоризонту над морем, розподілені за нормальним законом. Також, разом з некорельованими флуктуаціями фази, по мірі віддалення цілі від радіолокатора, підвищується вплив і корельованих складових фазових флуктуацій. В свою чергу, наявність фазових флуктуацій призводить до спотворення приймаемого сигналу, яке викликає погіршення точності вимірювання параметрів відбитого від цілі сигналу. У доповіді показано, що погіршення точності вимірювання параметрів радіолокаційного сигналу у випадку, що розглядається, обумовлено тим, що флуктуації фази призводять до відхилення головного максимуму функції розузгодження та зменшенню гостроти її піку. Наведені результати теоретичних оцінок погіршення точності вимірювання кутової координати та кутової швидкості цілі, що лоцирується над морем. При цьому розглядаються різні моделі кореляційних функцій флуктуацій фази сигналу, отриманих на основі експериментальних даних.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ РАДІОСИСТЕМ КЕРУВАННЯ БЕЗПЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ

*О.В. Карпенко, к.т.н., доц.
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Проблема підвищення завадозахищеності контурів управління та зв'язку з безпілотними літальними апаратами (БПЛА) є актуальною під час прийняття на озброєння великої кількості апаратів різних класів та бойового

призначення. У доповіді надається систематична оцінка заводостійкості контурів управління щодо енергетичної та апаратної прихованості. Пропонується забезпечення заводозахищеності через створення системи кореляційного аналізу заводової обстановки та адаптації контуру управління щодо впливу заводових сигналів. Також пропонується розглянути модель системи керування і впровадження комплексного застосування кодування сигналів функціями Уолша, формування архітектури системи управління та синтезу системи фільтрації. Також розглядається питання фільтрації кодованих сигналів управління під час впливу прицільної активної завади сумісно з широкосмуговим шумом.

Вирішується задача виявлення каналів прийому сигналів управління та передачі інформації під час різних режимів польоту БПЛА. Показано, що одночасне підвищення прихованості та заводозахищеності досягається збільшенням бази кодування сигналів, створенням сталих контурів виявлення та супроводження БПЛА щодо підвищення спрямованих характеристик передалельних та приймальних антен.

Отже, показана перспективність упровадження адаптивної системи заводозахищеності контурів управління щодо створення ефективної системи керування БПЛА різних класів.

ЩОДО ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ З ДИСТАНЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ

*В.Д. Карлов¹, д.т.н., проф.; А.С. Присяжний¹, к.т.н.; В.А. Присяжний²
¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;
²ТОВ "Global Logic"*

Досвід проведення АТО та ООС свідчить про необхідність використання дистанційного режиму керування стрілецькою зброєю без присутності на ній розрахунку, а саме: введення різних режимів стрільби та здійснення дистанційного наведення стрілецької зброї на ціль за допомогою електронного планшету по відеосигналу з оптичного прицілу. Це побудило авторів провести роботи по розробці дистанційного керування стрілецькою зброєю. Проте, як показали результати попередніх випробувань, використання системи дистанційного керування є ефективним у разі наявності програмного забезпечення, що дозволяє проводити як ефективне автоматизоване управління так і ведення стрільби по задалегідь запам'ятованим цілям в умовах реальної бойової обстановки.

У доповіді викладаються основні положення алгоритму роботи програми дистанційного керування стрілецькою зброєю і формування сигналів керуванням режимами одиночного, подвійного пострілу, або короткої черги, та здійснення дистанційного наведення виробу на ціль в ручному режимі грубого та точного наведення або по задалегідь запам'ятованим координатам. Також приводяться результати випробувань програмного забезпечення під час полігонних стрільб.

ВИКОРИСТАННЯ МОНОІМПУЛЬСНОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ ПРИ ВИМІРІ ШВИДКОСТІ ПОЛЬОТУ ВЕРТОЛЬОТА В МЕЖАХ ТРОПОСФЕРНОГО РАДІОХВИЛЕВОДУ

*В.Д. Карлов¹ д.т.н., проф.; М.М. Олеицук²;
В.М. Петрушенко³; О.В. Бесова¹, к.т.н.*

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;

²Військова частина А 2800;

³Військова частина А 2533

Аналіз гідрометеорологічних параметрів у східній частині України, особливо в районі ООС, свідчить про те, що в цьому районі останнім часом істотно змінюються погодні умови. Стійкішими є умови існування тропосферних радіохвильоводів.

У доповіді на основі аналізу експериментально отриманих даних обґрунтовується, що при локації вертольотів, які лоцируються у межах тропосферних радіохвильоводів, найбільш високі за точністю результати при вимірі швидкості цілі можна отримати фазометричним методом. Використовуючи цей метод синтезовані оптимальні вимірювачі швидкості цілі. Ці вимірювачі синтезовані таким чином, коли флуктуації фази розподілені за нормальним законом, а кореляційна функція флуктуації фази описується дельта-функцією. Дане припущення справедливе для випадку, коли флуктуації фази обумовлені апаратною нестабільністю. У доповіді на основі експериментальних досліджень показано, що при локації вертольотів, які лоцируються у межах тропосферних радіохвильоводів, при застосуванні фазометричного методу, у флуктуаціях фази з'являється корельована складова. При цьому кореляційна функція флуктуацій в тимчасовій області досить якісно описується осцилюючою характеристикою. У рамках запропонованої моделі кореляційної функції, що враховує кореляцію флуктуації фази, синтезовано оптимальний вимірювач радіальної складової цілі та оцінено виґраш в точності виміру радіальної складової швидкості вертольота при використанні синтезованого вимірювача у порівнянні з традиційними вимірювачами.

ОПУКЛІ АНТЕННІ РЕШІТКИ І ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У НАЗЕМНИХ КОМПЛЕКСАХ УПРАВЛІННЯ КОСМІЧНИМИ АПАРАТАМИ

В.Д. Карлов, д.т.н., проф.; О.В. Лукашук, к.т.н.

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

У сучасних умовах застосування у наземних комплексах управління космічними апаратами антенних систем з механічним скануванням ускладнює забезпечення коректування параметрів орбіти та прийому телеметричної інформації у всьому секторі можливого знаходження космічного апарату. Окрім цього з причини значного сектора можливого пошуку космічного апарату (0-180°) використання плоских антенних решіток, у складі наземного комплексу управління космічними апаратами обмежено, оскільки їх ефективне використання, можливо у секторах ($\pm 30 \dots 45^\circ$).

У доповіді на основі аналізу сучасних антенних систем і досвіду їх експлуатації сформульовані нові та узагальнені існуючі вимоги, що висувають

до антенних систем наземного комплексу управління космічними апаратами. Обґрунтовується можливість застосування як антенна система наземного комплексу управління космічними апаратами опуклих антенних решіток. Показано, що використання таких антенних решіток дозволить забезпечити прийом інформації в азимутальній та кутовій площинах у секторі 0-180°. Розглядається можливість застосування у наземних комплексах управління космічними апаратами опуклих антенних решіток, на поверхні якої реалізовано «хрест Мілса».

РОЗРАХУНОК ПОТЕНЦІЙНОЇ ТОЧНОСТІ ВИМІРУ ЗАПІЗНЮВАННЯ КОРИСНОГО СИГНАЛУ НА ФОНІ ЇХ ВІДДЗЕРКАЛЕНЬ

*В.Д. Карлов, д.т.н., проф.; О.В. Бесова, к.т.н.; А.І. Нос, к.т.н., доц.
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

На практиці у радіолокації досить часто доводиться розглядати ситуацію, коли вимір затримки корисного сигналу проводиться на фоні віддзеркалень, що заважають. Вимір дальності близькорозташованих цілей розглядався у відомих роботах, проте в них не досліджувався спільний вплив амплітуди та фази віддзеркалень, що заважають, на точність виміру затримки корисного сигналу.

У доповіді викладається метод розрахунку потенційної точності виміру корисного сигналу на фоні віддзеркалень, що заважають. На основі розрахунку дисперсій спільно ефективних оцінок параметрів корисного та сигналу, який заважає, авторами отримані формули, які дозволяють оцінити потенційну точність виміру затримки корисного сигналу на фоні заважаючих.

Розрахункові формули отримані у рамках припущення про те, що амплітуда, фаза та затримка сигналів, відбитих від корисної та заважаючої цілі невідомі, параметри сигналів, що приймаються, за час спостереження не змінюються; змінюється тільки затримка корисного сигналу. Стосовно зондуючого сигналу з прямокутною та округлою формою спектру отримані формули, які конкретизовані та використані для розрахунків. За результатами розрахунків побудовані графіки, що дозволяють оцінити потенційну точність виміру корисного сигналу на фоні заважаючих.

ЦИФРОВІ ЕКВІВАЛЕНТИ АНАЛОГОВИХ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ ЗАВАДОЗАХИСТУ НА ОСНОВІ КОРЕЛЯЦІЙНИХ АВТОКОМПЕНСАТОРІВ

*В.С. Джус, к.т.н., доц.; В.П. Катков; А.В. Тугай
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Традиційне використання при синтезі цифрових автокомпенсаторів явного методу Ейлера розв'язку диференціальних рівнянь, забезпечуючи простоту цифрового еквіваленту, проте не забезпечує його близькість до аналогового прототипу за ефективністю (особливо при великому числі приймальних каналів) через виникнення ефекту запізнювання сигналів управління відносно вхідних.

У доповіді розглядаються способи переходу до неявних чисельних методів рішення диференціальних рівнянь самоналаштування типу предиктор-коректор.

Показано, що використання неявних методів Ейлера вимагає введення відповідного числа допоміжних автокомпенсаторів і елементів затримки. За рахунок цього забезпечується послаблення ефекту "запізнювання" сигналів управління (фільтрація оцінок) і пов'язане з цим підвищення якості компенсації корельованих завад.

Запропоновані структурні схеми цифрових автокомпенсаторів, реалізуючі методи явного представлення неявних формул чисельного диференціювання, які вимагають менших апаратних витрат. Вони реалізуються або за рахунок введення кіл нормування, що також забезпечують усунення ефекту "запізнювання", або за рахунок затримки коливачів, що приймаються, з подальшою їхньою обробкою в додатковому ваговому суматорі. У останньому випадку можливий перехід не лише до фільтрації оцінок, але і їх сукупному згладжуванню.

У висновку приводяться результати математичного моделювання роботи цифрових еквівалентів аналогових адаптивних систем заводозахисту на основі кореляційних автокомпенсаторів.

МОДЕЛЬ ТОНКОЇ СТРУКТУРИ ВІДБИТОГО ОПТИЧНОГО СИГНАЛУ ВІД ЗРАЗКІВ ВОДНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНОМУ ДИСТАНЦІЙНОМУ ЛАЗЕРНОМУ ЗОНДУВАННІ ЗЕМЛІ

В.Ю. Вдовьонков, к.т.н., доц.; О.О. Копилов, к.т.н., с.н.с.

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

При багатоспектральному дистанційному лазерному зондуванні Землі з динамічною спектральною фільтрацією для підвищення ймовірності виявлення об'єктів треба знати особливості спектральних характеристик оптичного сигналу від фону.

Показано, що використання інтегральної характеристики відображення альbedo-поверхні зручно для класифікація поверхонь фону. Однак для виявлення малорозмірних об'єктів при багатоспектральному дистанційному лазерному зондуванні необхідно знати особливості тонкої просторово-часової і спектральної структури оптичного сигналу від підстильної поверхні.

Розглянуто дзеркальне і дифузне відбиття світла від гладких і від шорстких поверхонь з точки зору геометричної і хвильової оптики на прикладі відображення світла від схвильованої морської поверхні.

Використовується фазово-траєкторно-фацетні модель відбиття світла від схвильованої водної поверхні з модифікованими коефіцієнтами відбиття Френеля, що враховують вплив дисперсії світла в воді і вплив поглинання світла розчинними у воді речовинами. Розглянуто особливості відбитого сигналу від схвильованої поверхні моря при когерентному і некогерентному підсвітленні водної поверхні.

ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ РОЗПАДУ ЗВУКОВОЇ МОДИ НА ОПТИМАЛЬНУ ПОТУЖНІСТЬ ВХІДНОГО СИГНАЛУ В АКУСТООПТИЧНІЙ КОМІРЦІ

*В.Ю. Вдовьонков, к.т.н., доц.; С.Є. Кальний, к.ф.-м.н., доц.;
О.С. Чубукін, к.т.н., доц.*

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

При аналізі спектру радіосигналів в акустооптичній комірці (АОК) використовується явище дифракції світла на звукових хвилях. В першому порядку дифракції оптимальне значення індексу фазової модуляції $q \approx \pi$ досягається підбором потужності звукової моди P_0 . Як відомо, $q = 2a\sqrt{P_0}$, де a – коефіцієнт пропорційності і оптимальна потужність дорівнює $P_{00} = (\pi/2a)^2$.

Нелінійність коливань призводить до розпаду основної акустичної моди на моди з іншими частотами, що знижує її потужність, так що, $P_0 = P_{\text{вх}} - \alpha P_{\text{вх}}^2$, де α – імовірність можливих процесів розпаду, $P_{\text{вх}}$ – вхідна потужність звуку в АОК. Маємо два значення для оптимальної потужності вхідного сигналу $P_{\text{вх}0} = \left[1 \pm \sqrt{1 - 4\alpha(\pi/2a)^2} \right] / 2\alpha$. Таким чином для певного типу кристалів оптимальний режим може бути досягнутим на тільки при малих, але і при великих потужностях звуку.

Розкладаючи по малому параметру α , знаходимо нижнє значення вхідної оптимальної потужності $P_{\text{вх}0} = P_{00} + \alpha P_{00}^2 + 2\alpha^2 P_{00}^3 + \dots$. Таким чином процеси розпаду основної акустичної моди збільшують потужність вхідного звукового сигналу для досягнення умов оптимальної дифракції.

КРИТЕРІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ АЧХ СМУГИ ПРОПУСКАННЯ ФОТОПРИЙМАЧА ОПТЕЛЕКТРОННОГО ЛОКАТОРА

*В.Ю. Вдовьонков, к.т.н., доц.; С.Є. Кальний, к.ф.-м.н., доц.;
О.О. Копилов, к.т.н., с.н.с.*

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Визначення вимог до АЧХ приймального пристрою оптоелектронного локатора пов'язано з оптимальним вибором ширини смуги пропускання у випадку активної локації з обмеженою кількістю спектральних складових випромінювача. Зазвичай використовують 3-х діапазонну схему RGB лазерного випромінювача, що визначається простотою технічної реалізації при достатній потужності.

Розглядається приймальний пристрій, який має з одного боку широкий спектральний діапазон, який охоплює весь спектр оптичного випромінювання, з іншого боку оптичний фільтр приймального пристрою має коефіцієнт пропускання, який наближається до 100%. Приймачі мають чутливість у всьому спектральному діапазоні оптичного випромінювання, але АЧХ

приймачів відрізняються, що дозволяє реалізувати середньо зважену оцінку довжини хвилі прийнятого випромінювання (тобто визначити колір).

Детальний аналіз обраного випромінювання може бути реалізовано одночасно в іншому, вузько смуговому каналі для суттєвого підвищення співвідношення сигнал-шум.

Слід зазначити, що реалізація АЧХ оптичного фільтру з суттєво зменшеною ($\sim 1,5$ нм, та менше) смугою пропускання зазвичай супроводжується значним зменшенням коефіцієнту прозорості (інтерференційні фільтри, фільтри на склі з великою оптичною щільністю). Цього недоліку позбавлені фільтри на основі дифракційних решіток, які можуть бути реалізовані як за акустооптичною, так і за голографічною технологією. Зміна ширини смуги пропускання таких фільтрів не призводить до зміни коефіцієнту прозорості (дифракційної ефективності).

THE ANALYSIS OF USE METAMATERIALS IN MICROWAVE TECHNOLOGY

*M. Barkhudaryan, PhD, Senior Research; V. Pushkar
Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University*

The development of modern radio engineering systems, used in radio communications, radar, radio astronomy, defense electronics areas, requires new principles in the construction of functional devices and antennas, reducing their weight and size parameters while ensuring broadband, reliability and versatility.

Therefore, the search for non-traditional approaches to creation of microwave technology has recently become significantly more active, as evidenced by large number of studies and publications.

In recent years, developers of microwave devices and antennas are increasingly attracted to new materials and environments with unusual electrodynamic properties. These are so-called metamaterials - structures, whose effective electromagnetic properties go beyond the properties of the components they form, including so-called kiral and percolation media, optomagnets, photon and electronic crystals.

These material media are composite and possess dispersive and anisotropic in the electromagnetic sense properties. The main electrodynamic parameters: the dielectric constant and magnetic permeability, in such media can take very small (including zero) or very large values, as well as being negative in a certain frequency range (sometimes simultaneously). The latter property allows you to implement a material environment with a negative refractive index.

These unusual electrodynamic properties of metamaterials can be successfully used in the development of various microwave devices, including antennas with improved directional and range properties.

ВИПРОБУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В УМОВАХ ЗАХИСТУ ВІД ЗАСОБІВ РОЗВІДКИ ПРОТИВНИКА

*О.Л. Сидорчук, к.т.н.
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

Випробування нових зразків безпілотних літальних апаратів (БпЛА) та підготовка фахівців з бойового застосування та експлуатації авіаційних комплексів БпЛА тактичних класів потретьєбує проведення практичних занять

в умовах захисту від вірогідного противника. Такий захист зазвичай ведеться засобом розвідки, у тому числі радіолокаційним станціям (РЛС), що намагаються виявити БпЛА, знешкодити його самостійно, або надати цільвказівку іншим засобам для знищення.

Аналіз відкритих джерел доводить, що останніми роками для виявлення БпЛА все частіше намагаються пристосувати РЛС ближньої розвідки наземних рухомих цілей на базі 1РЛ133 «Кредо», хоча раніше вони слугували для виявлення та розпізнавання лише наземних об'єктів.

Наприклад один з експериментальних зразків РЛС ближньої розвідки «Соболятник-О» було спроектовано для виявлення не тільки наземних, але й малорозмірних повітряних цілей для рухомого комплексу захисту об'єктів від БпЛА. Він дозволяє виявляти БпЛА типу «Груша» з ефективною поверхнею розсіювання $0,01 \text{ м}^2$ на дальності до 4,5 км і на висотах до 250 м. Для вирішення задач виявлення високошвидкісних повітряних малорозмірних цілей на висотах до 2000 м ведеться випробовування РЛС середньої дальності дії на базі модулів активних фазованих антенних решіток.

Аналіз вітчизняних джерел також свідчить про вдалі спроби застосування РЛС наземної розвідки на базі 1РЛ133 «Кредо» для виявлення і розпізнавання БпЛА авіаційних комплексів тактичного класу. У якості об'єкта зондування використовували БпЛА мультироторного типу Харківського ООО «КБ АВІА».

У доповіді пропонується запровадити досвід вітчизняних вчених для проведення практичних занять з майбутніми фахівцями, щодо пілотування БпЛА в умовах протидії засобам розвідки умовного противника, шляхом впровадження на навчаннях РЛС на базі 1РЛ133 «Кредо» (ПСНР-5).

На першому етапі здійснюється політ БпЛА, а за допомогою РЛС 1РЛ133 «Кредо» (ПСНР-5) проводиться його зондування. Сигнал з виходу фазового детектора (головних телефонів) РЛС записується за допомогою АЦП в пам'ять комп'ютера. На другому етапі проводиться візуальний аналіз записаних сигналів і їх наступна обробка для вирішення задачі для розпізнавання БпЛА.

Із записаних портерів сигналів і їх обробки курсанти або слухачі зможуть краще проаналізувати свої дії, як операторів, і спланувати можливі варіанти захисту умовному противнику.

Досвід випробувань БпЛА, шляхом використовувати РЛС 1РЛ133 «Кредо», для їх виявлення і розпізнавання, стане у пригоді розробникам нових зразків БпЛА, щодо підвищення їх живучості в умовах захисту від засобів радіолокаційної розвідки противника.

МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ ЗА РІВНЕМ ТЕСТОВОГО ШУМУ

Г.Д. Радзівілов, к.т.н., доц; Л.А. Коротченко

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут

В процесі експлуатації та ремонту сучасних цифрових радіоелектронних виробів, які знаходяться на озброєнні ЗС України, постійно виникають питання прогнозування надійності цих виробів та прогнозування термінів подальшої їх експлуатації. Під час розроблення методів прогнозування надійності радіоелектронної апаратури (РЕА) за рівнем тестових шумів виникає проблема створення високоточних вимірювачів інформативного параметру та достовірного аналізу даних, отриманих в результаті вимірювань. Такі вимірювачі будуються на основі методу безпосереднього вимірювання.

Вони мають низку переваг, таких як простота реалізації і висока чутливість, яка визначається внутрішніми шумами вимірювального пристрою. Проте, цей метод має і недоліки, такі як електромагнітні завади і температурні характеристики вимірювального каналу, які призводять до непередбачувальної похибки і впливають на межі операції контролю та безпосередньо прогнозування надійності [1].

Таким чином, виникає потреба в розробленні такого методу діагностування РЕА, який дав би змогу усунути вказані вище недоліки. Одним з таких методів є метод прогнозування надійності за шумовими характеристиками.

Метод прогнозування надійності за шумовими характеристиками полягає в використанні двох каналів для вимірювання рівня шумів, що дозволяє значно зменшити рівень систематичної похибки, виключити вплив температурних характеристик і електромагнітних завод.

Особливість даного методу полягає у вимірюванні контрольного параметра за двома каналами: вимірювальним каналом і опорним, а прогнозування надійності здійснюється у три етапи. Одночасно на обох каналах проводиться вимірювання інформативного параметра: на першому каналі вимірюється рівень НЧ шумів РЕА, що досліджується; на опорному каналі із заданим рівнем контролю вимірюється рівень шуму еталонного РЕА. За допомогою аналогової операції порівняння встановлюється сигнал, який містить інформацію про надійність РЕА, що досліджується.

Запропонований метод прогнозування надійності виробів радіоелектронної техніки з використанням тестового шуму можна застосовувати як для аналогової, так і для цифрової РЕА. Особливістю методу є використання двох однакових вимірювальних каналів, що дозволяє зменшити рівень систематичної похибки і температурних впливів, що в свою чергу дасть змогу підвищити достовірність прогнозування надійності РЕА. Напрямки подальших досліджень можуть бути направлені на вдосконалення методів діагностування ВТЗ.

ІМПУЛЬСНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ ЛАЗЕРНИХ ДІОДНИХ ЛІНІЙОК ДЛЯ НАКАЧУВАННЯ ЕРБІЄВОГО ЛАЗЕРА

М.І. Дзюбенко, д.ф.-м.н., проф.; І.В. Коленов, к.ф.-м.н.;

В.П. Пелипенко, к.ф.-м.н., с.н.с.; М.Ф. Дахов

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України

Накачування ербієвого лазера часто здійснюється за допомогою світлодіодних лазерних лінійок, що живляться імпульсами струму заданої амплітуди і тривалості. Поріг генерації ербієвого лазера залежить від ряду факторів, пов'язаних як з конструктивними особливостями лазера, так і з зовнішніми умовами (температура, вологість і т.д.). У зв'язку з цим до живлення діодних лінійок накачування ербієвого лазера пред'являється ряд вимог: можливість регулювання струму в широких межах, висока стабільність струму накачування (нестабільність амплітуди імпульсу струму менше 1%), можливість регулювання тривалості імпульсів і частоти їх слідування. Згідно перерахованим вище вимогам розроблений та виготовлений спеціалізований блок живлення з заданими параметрами. Блок живлення дозволяє регулювати величину імпульсного струму в діапазоні 10-100А, тривалість імпульсу від 1,5 до 5мс, період слідування імпульсів від 200мс до 5000мс. Розроблений блок складається з наступних основних частин: блок з накопичувальними

ємностями, блок заряду ємностей, аналоговий ПІД регулятор струму, блок управління і блок зв'язку з зовнішніми пристроями. Ємнісний накопичувач енергії забезпечує більший ККД блоку живлення в порівнянні з індуктивним накопичувачем, при низькій щільності імпульсів. Однак в ході формування імпульсу струму потрібна корекція його форми. Корекція форми імпульсу здійснюється за допомогою аналогового ПІД регулятора струму, побудованого на 3-х операційних підсилювачах і польовому транзисторі, що працює в лінійному режимі. Управління величиною струму, включення схеми захисту при перевищенні максимальної величини струму, обробка сигналів, зв'язок із зовнішніми пристроями здійснюється мікроконтролером. Схема захисту складається з нормально замкнутого реле і польового транзистора і дозволяє виключити вплив на світлодіодну лінійку перехідних процесів при включенні і виключенні пристрою. Описаний вище підхід дозволив створити просте і надійне джерело живлення лазера з широким діапазоном регулювання всіх вихідних параметрів, в тому числі форми імпульсу струму. БП забезпечує можливість вибору оптимального режиму роботи лазера і захист дорогих лінійок і матриць лазерних діодів від виходу з ладу. Блок живлення в остаточному вигляді має габарити 100x90x50 мм.

ЕРБІЄВИЙ ЛАЗЕР З ДІОДНОЮ НАКАЧКОЮ І МОДУЛЬВАНОЮ ДОБРОТНІСТЮ

М.І. Дзюбенко, д.ф.-м.н., проф.; І.В. Коленов, к.ф.-м.н.;

В.П. Пелитенко, к.ф.-м.н., с.н.с.; М.Ф. Дахов

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України

Широке практичне застосування лазерів, що працюють в півторамікронному діапазоні довжин хвиль (1,4-1,7мкм), обумовлено тим, що ця спектральна область приваблива для розробників та споживачів лазерних приладів передусім відносно безпечністю випромінювання для зору. Допустима в цій спектральній області густина енергії опромінювання рогівки ока майже на п'ять порядків перевищує відповідні величини для видимої і мікронної області спектра. Така особливість пояснюється високим коефіцієнтом поглинання півторамікронного випромінювання водою, яка міститься в біологічних тканинах, що перешкоджає попаданню випромінювання на чутливу сітківку ока. Земна атмосфера, незважаючи на наявність в ній водяної пари, в той же час має вікно прозорості в цій області спектра, яка, таким чином, виявляється дуже зручною для роботи лазерних локалаторів і далекомірів. Слід також зазначити, що на вказаний спектральний діапазон припадає область максимальної чутливості поширених не охолоджуваних фотоприймачів - германієвих і індій-арсенід-галієвих (InGaAs) фотодіодів. В даній доповіді повідомляється про розробку та виготовлення експериментального макету лазера на ербієвому склі з діодною накачкою. В якості активного середовища лазера використовувалися циліндричні елементи на основі ітербій - ербієвого фосфатного скла розмірами 2 x 25мм і наступною концентрацією активаторів: ітербій – $2,12 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$; ербій - $4,8 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Для накачки активного елемента використовувалась поперечна схема збудження. Цей вибір обумовлений тим, що вона дозволяє використовувати великі потужності накачування без виникнення температурного градієнта за рахунок інтенсифікації лазерних діодних лінійок уздовж активного елемента. При цьому рознесеність накачування має рівномірний розподіл, а її щільність потужності

на самому активному елементі нижча в порівнянні з поздовжньою схемою. Накачування ітербій-ербієвого активного елемента в нашій роботі здійснювалось двома сто ватними лазерними діодними лініями довжиною 10 мм кожна, які розташовувались в лінію. Резонатор лазера був утворений плоскими дзеркалами з коефіцієнтами відбиття 99,5% ("глухе") і вихідним напівпрозорим дзеркалом. Проведена оптимізація параметрів резонатора і системи накачування при роботі лазера в режимі вільної генерації. Найбільша енергія генерації лазера 18мДж була отримана при використанні вихідного дзеркала з коефіцієнтом відбиття 85%. При використанні пасивного модулятора добротності резонатора на основі алюмо-магнієвої шпінелі з кобальтом отримані моноімпульси тривалістю близько 20нс і енергією 6мДж.

АДИТИВНО-ШУМОВИЙ РАДІОМЕТР K_a ДІАПАЗОНУ З ВЕЛИКИМ ДИНАМІЧНИМ ДІАПАЗОНОМ

*В.А. Кабанов, к.ф.-м.н., с.н.с.; А.М. Лінкова, к.ф.-м.н., с.н.с.;
А.А. Мозила, к.ф.-м.н., с.н.с.; О.А. Войтович, к.т.н., с.н.с.;
В.П. Мальцев, н.с.; Г.А. Руднев, м.н.с.; Г.І. Хлопов, д.т.н.
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова
Національної академії наук України*

У радіотехнічних системах наведення при візуванні цілі під малими кутами падіння із-за порівняно широких діаграм спрямованості активного радара відбиття від підстилаючої морської поверхні досягають значної величини, маскуючи сигнали цілі. Проблема може бути вирішена за допомогою радіотеплового зондування у K_a діапазоні завдяки "радіоаркравістному" контрасту між "теплою" поверхнею моря та металевою поверхнею цілі, що відбиває "холодне" небо. Це дозволяє селектувати цілі на фоні підстилаючої поверхні.

У доповіді розглядається конструкція та результати випробування сканувального радіометра з адитивно-шумовим пілот-сигналом, у якому для розширення динамічного діапазону замість квадратичного використовується логарифмічний детектор середньоквадратичних значень.

У конструкції радіометра використана дводзеркальна антена Кассегрена, ширина діаграми спрямованості якої за рівнем -3 дБ не перевищує 1,4° як у Е-, так і в Н-площині, рівень побічного випромінювання не перевищує -15 дБ та коефіцієнт підсилення не менш ніж 42 дБ.

Збільшення чутливості радіометра з адитивно-шумовим пілот-сигналом в порівнянні з модуляційним радіометром Дікке обумовлено відсутністю перемикача у мікрохвильовому тракті, що дозволило довести смугу пропускання приймача до 5 ГГц, та постійним підключенням антени до входу приймача. Флукуаційна чутливість розробленого радіометра становить 0,1К при часі накопичення 100 мс.

Використання на виході приймача логарифмічного детектора середньоквадратичних значень замість квадратичного дозволило розширити динамічний діапазон радіометра, який перевищує 60 дБ. У результаті виявилось, що його величина узгоджена з динамічним діапазоном 12-ти бітного АЦП, котрий використовується у розробленому радіометрі.

Режим растрового сканування дозволяє отримувати радіотеплове зображення спостережуваної ділянки підстилаючої поверхні, виявляти й оцінювати кутові координати цілей, розташованих на ній, може

використовуватися для відпрацювання алгоритмів "вимірювання-виявлення" в умовах потужних активних завад й при цьому не входить до режиму насичення. Розроблений радіометр також може використовуватися для отримання радіотеплового зображення спостережуваної ділянки небосхилу, що несе інформацію про водозапас пасмурної атмосфери, водності й інтенсивності опадів.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДВОМІРНОЮ ФАЗОВАНОЮ АНТЕННОЮ РЕШІТКОЮ З НЕІДЕНТИЧНИМИ КАНАЛАМИ

С.Б. Мальцев¹, к.ф-м.н., с.н.с.; М.В. Щербаков², к.т.н., доц.; О.А. Войтович³, к.т.н., доц.; Г.Б. Веселовська-Майборода³, к.ф-м.н., с.н.с.; С.М. Лабазов³

¹Державне підприємство «Науково – дослідний інститут «Оріон»»;

²Науково виробничо – монтажне підприємство «Зв'язокЕнергоСервіс»;

³Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Ускова НАН України

В останні десятиліття фазовані антенні решітки (ФАР) широко використовуються у складі систем управління та наведення безпілотних літальних апаратів (ЛА). Їх виросання зумовлене збільшенням швидкості ЛА та, відповідно, скороченням часу польоту до цілі з моменту її виявлення.

Однак в процесі виготовлення пристроїв надвисоких частот (НВЧ) (фазообертачів, систем розподілу потужності та інших елементів ФАР) виникають технологічні складнощі, що призводить до неідентичності амплітудно-фазових характеристик каналів проходження радіохвиль.

Через зміну зовнішніх умов, зокрема, температури, в процесі польоту вони також стають нестационарними. Крім того, на орієнтацію головного максимуму діаграми спрямованості ФАР впливають електричні параметри матеріалу радіопрозорого укриття (РПУ) або обтічника ЛА, а також кутові розміри сектора сканування.

В доповіді викладається методика налаштування ФАР Ка-діапазону довжин хвиль, яка дозволяє враховувати неідентичність та нестационарність усіх елементів НВЧ тракту ФАР та виключити необхідність використання обчислювальних засобів в процесі польоту ЛА.

Сенс методики полягає у наступному.

1. В дальній зоні ФАР (з обтічником або РПУ) встановлюється передавач, який імітує сигнал, відбитий від цілі.

2. Радіопоглинальним матеріалом закриваються розкриви всіх випромінювачів ФАР, крім центрального та сусіднього з ним.

3. Підбором параметрів сигналів управління досягається максимальний рівень прийнятого сигналу. Його параметри записуються в пам'ять.

4. Після цього відкривається розкрив ще одного (третього) випромінювача і операція повторюється. Далі операція повторюється при відкритті кожного чергового випромінювача.

Таким чином, в пам'ять записуються дані про параметри сигналів управління для різної температури та кутів відхилення максимуму діаграми спрямованості в межах сектора сканування з урахуванням електричних параметрів обтічника.

Наведені результати експериментальних досліджень ефективності запропонованої методики на прикладі 9–елементної лінійної ФАР з напівпровідниковими дискретними та аналоговими феритовими фазообертачами, які виготовлені державним підприємством НДІ “Оріон”. Дискретні фазообертачі мають чотири розряди (ціна молодшого розряду - 45°).

**ВИКОРИСТАННЯ СИГНАЛІВ ГЕОСТАЦІОНАРНИХ ШСЗ ДЛЯ
ВИЯВЛЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ’ЄКТІВ, ВКЛЮЧАЮЧИ
МАЛОПОМІТНІ І МАЛОРОЗМІРНІ (БПЛА).**

*І.М. Миценко, д.ф.-м.н., с.н.с.; Д.Д. Халамейда, к.ф.-м.н., н.с.
Інститут радіофізики та електроніки ім. А.Я. Усикова НАН України*

На даний час відділ фізичних основ радіолокації ІРЕ НАН України провів багаторічні дослідження можливості використання сигналів геостаціонарних ШСЗ для визначення параметрів гідрометеоутворення, включаючи водність.

У період проведення досліджень було відзначено вплив повітряних об’єктів на спектр вихідного сигналу вимірювального пристрою, що і призвело до цілеспрямованого дослідження.

У доповіді розглянуто фізичні основи і засоби для дослідження можливості виявлення повітряних об’єктів, включаючи малопомітні і малорозмірні. Наведено результати експериментальних досліджень впливу повітряних об’єктів що пролітають (пасажирські літаки, літаки АН-24, пташки). Програма подальших дослідження передбачає використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) і дослідження можливості їх виявлення на різних відстанях і висотах.