

ВЕСТНИК

воздушно-космической обороны

Научно-технический рецензируемый журнал

Выпуск № 4(16), 2017 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

П.А. Созинов, д-р техн. наук, профессор

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

В.М. Алдошин, д-р техн. наук, профессор

А.С. Сумин, д-р техн. наук, профессор

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Д.А. Леманский, канд. техн. наук, доцент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

М.А. Горбачёв, д-р техн. наук

Б.Н. Горевич, д-р техн. наук, профессор

Н.С. Губонин, д-р техн. наук, профессор

А.И. Даниленко, д-р техн. наук

М.В. Жестев, канд. техн. наук

Г.В. Зайцев, д-р техн. наук

А.Б. Игнатьев, д-р техн. наук, профессор

В.А. Кашин, д-р техн. наук, профессор

С.К. Колганов, д-р техн. наук, профессор

В.И. Колесниченко, д-р техн. наук, профессор

Ю.Н. Кофанов, д-р техн. наук, профессор

В.С. Оконешиников, д-р техн. наук

А.А. Парамонов, д-р техн. наук, профессор

Н.В. Радчук, д-р техн. наук, профессор

С.П. Соколов, д-р техн. наук

П.И. Стариковский, д-р техн. наук

А.Ф. Страхов, д-р техн. наук, профессор

А.А. Трухачев, д-р техн. наук

Ю.Г. Шатраков, д-р техн. наук, профессор

Н.С. Щербаков, д-р техн. наук, профессор

Технический редактор: М.А. Лайков

Корректор: А.Н. Борзова

Компьютерная верстка: О.А. Пыхонина

☎ редакции (499) 940-02-22

доб. 16-42, 79-06, 70-19, 16-00

E-mail: aspirantura@gskb.ru

► **Проблемные вопросы построения систем и средств ВКО**

С.Э. Григас, А.А. Скорынин, Ю.Е. Терехов, М.В. Чекмарев

Принципы обнаружения групп малозаметных объектов

на радиолокационных изображениях 6

► **Применение сил и средств ВКО**

А.М. Гжимало, М.М. Родкин

Создание единой воздушной обстановки на моделирующих стендах

для отладки программного обеспечения зенитного ракетного комплекса .. 12

Г.И. Ребриков

О способе построения

многопозиционной системы траекторных измерений 18

► **Исследования в сфере проектно-конструкторских и технологических работ**

В.Н. Акимов, В.П. Уласевич, С.В. Грызгин

Сравнение различных типов рулевых приводов

для ЗУР средней дальности 23

С.А. Бугаев

Устройство регистрации импульсных широкополосных сигналов 29

А.С. Ванютин, Д.З. Садикова, Е.С. Мотлях

Перспективы применения 3D-печати в антенной и СВЧ-технике 34

Э.А. Газизова, Н.А. Зарецкий, О.О. Федоркин, В.В. Щуров

Исследование спектрально-временного распределения энергии

генерации электроразрядного HF/DF-лазера 38

В.И. Евсеев, О.В. Лавричев, С.М. Никулин, В.В. Петров, А.С. Шипунов

Техника измерения S-параметров СВЧ транзисторов в полосковых линиях

передачи с произвольным волновым сопротивлением 46

С.Ю. Задорожний, В.В. Смирнов, С.Е. Симунов

Программируемый алгоритм обнаружения целей

с плавающим скользящим окном с удалением мешающих воздействий 51

А.Н. Лутков

Турбодекодирование кода произведения на цифровом

сигнальном процессоре в реальном масштабе времени 55

А.П. Минеев, С.М. Нефедов, П.П. Пашинин, П.А. Гончаров,

В.В. Киселев, П.А. Дроздов

Исследования селекции излучения СО-лазера парами воды

и поглощения излучения рабочим газом в неактивных зонах

оптического резонатора 80

Вестник воздушно-космической обороны:
Научно-технический журнал/
ПАО «НПО «Алмаз», 2017 г.
№ 4(16). С. 1–132

Подписано в печать 7.12.2017 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 7,2. Тираж 1000 экз.
Заказ № 114142

Отпечатано в ООО «Издательство Юлис»
392010, г. Тамбов, ул. Монтажников, д. 9

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-63487

Учредитель: Публичное акционерное общество
«Научно-производственное объединение
«Алмаз» имени академика А.А. Расплетина»

125190, г. Москва,
Ленинградский проспект, дом 80, корп. 16.
Тел./факс (499)940-02-22/(499)940-09-99

Статьи рецензируются.

Незаконное тиражирование и перевод статей,
включенных в журнал, в электронном
и любом другом виде запрещено и карается
административной и уголовной
ответственностью по закону РФ
«Об авторском праве и смежных правах»

© ПАО «НПО «Алмаз», 2017

ISSN 2311-830X

Цена за 1 экз. – 600 руб.

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС: 70576
в каталоге агентства
«РОСПЕЧАТЬ»:
ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ

- М.С. Рябоконь, А.Е. Ластовецкий, В.Б. Сучков**
*Помехи в системах электростатической пеленгации
при динамических изменениях параметров конструкции носителя.....*87
- Е.К. Царев, О.В. Бисенов, И.В. Сергушов**
*Бортовая автоматика: ключевой компонент воздушной мишени*93
- Е.А. Яскин, А.Е. Полунин**
*Методика расчёта полной вероятности обнаружения
высокоскоростного объекта радиолокационной станцией
с фазированной антенной решёткой с учётом вектора состояния*99

► Прикладные задачи применения информационных технологий

- П.Е. Дасюк, И.И. Добрякова, Л.П. Козлова, Е.В. Никишин**
*Программно-алгоритмическое обеспечение рабочих мест
пункта боевого управления ЗРК средней дальности*105
- В.Н. Пановский, А.В. Пантелеев**
*Интервальные методы синтеза нейрорегулирования нелинейными
детерминированными динамическими системами*112

► Аналитические исследования зарубежного опыта

- С.В. Голубчиков, Г.Б. Гуров, М.В. Жестев, В.И. Колесниченко,
В.К. Новиков**
*Развитие противовоздушной и противоракетной обороны Китая*117
- Б.Н. Горевич**
*Анализ возможностей северокорейской межконтинентальной
баллистической ракеты «Хвансон-15»
по её применению по территории США.....*124

► Научные рецензии и отзывы.....131

CONTENTS

► Topical issues on Aerospace defense system and elements arrangement

S.E. Grigas, A.A. Skorinin, U.E. Terehov, M.V. Chekmarev

Detection principles for groups of low-observable objects on radar images 6

► Aerospace defense systems and components application

A.M. Ggimalo, M.M. Rodkin

*Single air situation performing on simulation stands
for software debugging of air defense missile complex 12*

G.I. Rebrikov

Development method of multiposition trajectory-measuring system 18

► Design-engineering and technological research works

V.N. Akimov, V.L. Ulasevich, S.V. Grizin

Different types comparison of flight control actuators for medium range SAM 23

S.A. Bugaev

Pulsed wideband signals recorder 29

A.S. Vanutin, D.Z. Sadikova, E.S. Motlyah

Perspective use of 3D printing in antenna and microwave facilities 34

E.A. Gazizova, N.A. Zaretsky, O.O. Fedorkin, V.V. Shchurov

*Research of time-spectral distribution of generation energy
of an electric-discharge HF/DF-laser 38*

V.I. Evseev, O.V. Lavrichev, S.M. Nikulin, V.V. Petrov, A.S. Shipunov

*S-parameters measurement technique of microwave transistors
in microstrip with random wave impedance 46*

S.U. Zadorozhniy, V.V. Smirnov, S.E. Simunov

*Programmable algorithm of targets detection with floating
sliding window and removal of clutters..... 51*

A.N. Lutkov

Real-time turbo-decoding of a product code on a digital signal processor 55

A.P. Mineev, S.M. Nefedov, P.P. Pashinin, P.A. Goncharov,

V.V. Kiselev, P.A. Drozdov

*Research of CO-laser radiation selection by water vapor
and radiation adsorption by actuation gas
in inactive zones of optical resonator 80*

M.S. Ryabokon, A.E. Lastoveckiy, V.B. Suchkov

*Distortions in electrostatic range-finding systems
at dynamic parameters changes of carrier structure 87*

E.K. Tscarev, O.V. Bisenov, I.V. Sergushov

Onboard automatic controls: key component of aerial target..... 93

E.A. Yaskin, A.E. Polunin

*Calculation methodology of overall detection probability
of high-speed object by PAA radar considering state vector 99*

► **IT applied application tasks**

P.E. Dasyuk, I.I. Dobryakova, L.P. Kozlova, E.V. Nikishin

Software-algorithmical support of working places at combat control post of medium-range ADMS 105

V.N. Panovskiy, A.V. Panteleev

Synthesis interval methods of nonlinear deterministic dynamic systems neural control 112

► **Foreign experience analytic research**

S.V. Golubchikov, G.B. Gurov, M.V. Zhestev, V.I. Kolesnichenko, V.K. Novikov

China air and missile defense development 117

B.N. Gorevich

Analysis of the capabilities of the North Korean intercontinental ballistic missile «Hwasong-15» for its use on the territory of the United States 124

► **Scientific reviews and reference** 131

Полный список опубликованных номеров журнала Вы можете увидеть на сайте
<http://www.raspletin.com/notes>

Журнал «**Вестник воздушно-космической обороны**» включён в сформированный Министерством образования и науки Российской Федерации перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (письмо Минобрнауки России от 01.12.2015 года № 13-6518. URL: <http://www.vak.ed.gov.ru/87.html>).

Включён в перечень ВАК по группам научных специальностей:

05.12.00 – Радиотехника и связь;

05.27.00 – Электроника.

***Уважаемые читатели
и авторы журнала !***

От всей души поздравляю вас, наших друзей и партнёров, с наступающим Новым годом!

Проходящий год был весьма насыщенным и напряжённым по многим направлениям и это нашло своё отражение на страницах нашего журнала, в том числе существенно возрос уровень научной коммуникации в области реализации военно-технической политики государства среди учёных и специалистов организаций оборонно-промышленного комплекса, Вооружённых Сил, Российской академии наук и ведущих вузов.

Публикации стали содержать не только научную и практическую значимость результатов исследований авторов, но и отражать несомненную актуальность новых направлений в научно-техническом поиске в весьма специфичной, но крайне интересной и важной сфере деятельности – в области создания наукоёмких систем ПВО-ПРО и воздушно-космической обороны в целом.

Прошедший год способствовал укреплению нашего издания, росту его известности. Мы сердечно благодарим всех, кто был и остаётся нашими партнёрами.

В наступающем году мы искренне надеемся на дальнейшее развитие всего конструктивного и положительного, что было наработано в нашем сотрудничестве за прошедшие годы.

Уверен, что в будущем году мы сообща будем работать ради укрепления нашей Отчизны.

С наилучшими пожеланиями,
главный редактор журнала
«Вестник воздушно-космической обороны»
доктор технических наук, профессор

П.А. Созинов



ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 621.396.96

ПРИНЦИПЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ГРУПП МАЛОЗАМЕТНЫХ ОБЪЕКТОВ НА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

© Авторы, 2017

С.Э. Григас кандидат физико-математических наук,
начальник отделения, АО «Корпорация «Комета», г. Москва

А.А. Скорынин кандидат физико-математических наук,
начальник лаборатории, АО «Корпорация «Комета», г. Москва
E-mail: skoraleks@ya.ru

Ю.Е. Терехов кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник, АО «Корпорация «Комета», г. Москва

М.В. Чекмарев кандидат технических наук, доцент,
начальник лаборатории, АО «Корпорация «Комета», г. Москва

Рассмотрена задача обнаружения группы малоаметных объектов на радиолокационном изображении. Предложен двухэтапный алгоритм, заключающийся в пороговой обработке первичной информации с последующим поиском пространственно-локализованной группы отметок с учётом априорных данных о её размерах и количественном составе. Показано, что применение такого алгоритма позволяет обнаруживать пространственно-распределённую групповую цель с существенно более высокими характеристиками, чем одиночные объекты. Предложена методика выбора оптимальных параметров алгоритма, учитывающая статистические свойства ЭПР наблюдаемых объектов.

Ключевые слова: радиолокационные комплексы космического базирования, обработка радиолокационных изображений, моделирование статистических свойств отражательных характеристик.

The detection problem of low-observable objects groups on radar images was examined. The two-stage algorithm was proposed which lies in thresholding of initial information with subsequent search of spatially-localized group of blips (tracks) with regard to priori information of its size and quantitative composition. It was shown that the algorithm implementation permits to detect spatial-distributed group target with essentially higher characteristics than single objects. The selection methodology of optimal algorithm parameters was proposed considering the RCS statistical properties of observable objects.

Keywords: space-based radar complexes, radar images processing, reflectance profile statistics modeling.

Статья «Принципы обнаружения групп малоаметных объектов на радиолокационных изображениях» посвящена алгоритму вторичной обработки данных космической радиолокационной съемки для поиска на радиолокационных изображениях (РЛИ) локализованных групп малоаметных воздушных объектов (ВО).

В основе рассматриваемого алгоритма лежит двухэтапная обработка РЛИ с учётом априорных данных о размере и количественном составе группы ВО. На первом этапе проводится пороговая обработка сигнала в каждом элементе разрешения РЛИ с целью обнаружения отметок от одиночных ВО. В результате формируется бинарное изображение, отметки на котором соответствуют воздушным объектам или являются ложными обнаружениями.

На втором этапе проводится вторичная обработка полученного бинарного изображения с целью выделения пространственно-локализованных групп ВО. Для этого изображение сканируется пространственным «окном» с размерами, соответствующими предполагаемым размерам группы. Для каждого положения окна вычисляется количество попавших в него отметок, и, если полученное число превышает заранее выбранное пороговое значение, то принимается решение об обнаружении группы ВО.

В статье представлены численные оценки вероятности обнаружения с использованием данного алгоритма групп из двадцати ВО. Оценки получены при описании помех от подстилающей поверхности распределениями Рэлея, Вейбулла и логнормальным распределением, а радиолокационных сигналов от ВО – моделями Сверлинга. Из этих оценок следует, что применение алгоритма обеспечивает значительно более высокие вероятностные характеристики обнаружения ВО, чем это возможно по одиночным объектам. При этом значения достигаемых вероятностных характеристик и оптимальные параметры алгоритма во многом определяются статистическими свойствами радиолокационных сигналов, отражённых от ВО и подстилающей поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.З.** Радиолокационные системы землеобзора космического базирования. – М.: Радиотехника, 2010.
2. **Кондратенков Г.С., Фролов А.Ю.** Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли. – М.: Радиотехника, 2005.
3. **Григас С.Э., Литовченко Д.Ц., Скоринин А.А.** Оценка требований к перспективному космическому радиолокатору мониторинга морской обстановки и воздушного пространства // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2013, 4(42).
4. **Харкевич А.А.** Борьба с помехами. – М.: Наука, 1965.
5. **Скольник М.И.** Справочник по радиолокации. – М.: Советское Радио, 1976, Том 1.
6. **Qin X., Zhou S., Zou H., Gao G.** *Statistical Modeling of Sea Clutter in High-Resolution SAR Images Using Generalized Gamma Distribution* // *Proceedings of IEEE*. – 2012.

DETECTION PRINCIPLES FOR GROUPS OF LOW-OBSERVABLE OBJECTS ON RADAR IMAGES

S.E. Grigas, A.A. Skorinin, U.E. Terehov, M.V. Chekmarev

The article states the secondary processing algorithm of space radar survey data for searching of localized groups of low-observable aerial objects (AO) on radar images (RI).

The examined algorithm underlies the two-stage RI processing considering a priori data on size and quantitative composition of AO group. At first stage the signal thresholding is conducted in each RI resolution cell in order to detect blips (tracks) among single AOs. As a result the binary image is formed, the blips on which correspond to aerial objects or performed as false detection.

At second stage the secondary processing of obtained binary image is carried out in order to mark-out the spatially-localized AO groups. For this purpose the image is scanned with spatial «window» of sizes corresponding to anticipated group sizes. For each window position the amount of blips in it is calculated, and if the obtained figure exceeds the preselected threshold amount the decision on detection of AO group is made.

The article presents the numerical estimate of detection probability of 20 aerial objects groups using the algorithm. The estimates were received during clutters characterization from underlying surface by Rayleigh, Weibull and lognormal distributions, and radar signals from AO – by Sverling models. These estimates show that the algorithm application provides substantially higher AO detection probabilistic characteristics than it's possible to get with single objects. Herewith the values of acquired probabilistic characteristics and optimal algorithm parameters are defined to a large extent by statistical properties of radar signals reflected from AO and underlying surface.

Поступила 28 августа 2017 года.

ПРИМЕНЕНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 004.773

СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ ВОЗДУШНОЙ ОБСТАНОВКИ НА МОДЕЛИРУЮЩИХ СТЕНДАХ ДЛЯ ОТЛАДКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗЕНИТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА

© Авторы, 2017

А.М. Гжимало

зам. начальника отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: gzalex@yandex.ru

М.М. Родкин

начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: rodkinmm@yandex.ru

Комплексная отладка программного обеспечения (ПО) средств, входящих в состав зенитного ракетного комплекса (ЗРК), осуществляется на моделирующих стендах. При этом используются модели аппаратуры радиолокационных станций (РЛС) и зенитных управляемых ракет (ЗУР). При наличии нескольких моделей необходима синхронизация данных радиолокационных измерений. При работе моделей на разных вычислительных средствах также необходима синхронизация времени между вычислительными средствами для корректной привязки измерений. Указанные задачи решаются созданием единой воздушной обстановки (ЕВО) и системы единого времени (СЕВ).

Ключевые слова: стенд ЗРК, отладка ПО, синхронизация времени, синхронизация данных.

The complex software (SW) debugging of air missile defense complex (AMDC) components is carried out on simulation stands. Herewith the radar stations (radars) and surface-to-air missiles (SAM) equipment models are used. When there are several models it's necessary to synchronize radar measurement data. During operation with different computers it's also necessary to provide time synchronization between computing aids for correct binding of measurements. The mentioned tasks are solved through development of single aerial situation (SAS) and common timing system (CTS).

Keywords: AMDC stand, SW debugging, time synchronization, data synchronization.

Комплексная отладка программного обеспечения (ПО) средств, входящих в состав зенитного ракетного комплекса (ЗРК), осуществляется на моделирующих стендах. При отладке используются модели аппаратуры радиолокационных станций (РЛС) и зенитных управляемых ракет (ЗУР). При наличии нескольких моделей необходима синхронизация данных радиолокационных измерений. При работе моделей на разных вычислительных средствах также необходима синхронизация времени между вычислительными средствами для корректной привязки измерений. Например, модели РЛС1, РЛС2, ЗУР1, ЗУР2 должны в одинаковые моменты времени иметь одинаковую информацию о воздушной обстановке. Дополнительно, для корректного объединения информации от нескольких РЛС на командном пункте (КП) ЗРК требуется синхронизация времени со всеми РЛС. Указанные задачи решаются созданием единой воздушной обстановки (ЕВО) и системы единого времени (СЕВ).

В состав ЕВО входят: сервер ЕВО, конвертер ЕВО, консоль управления сервера ЕВО, несколько клиентов ЕВО, один или несколько индикаторов ЕВО. Обмен данными между указанными средствами осуществляется по сети с использованием транспортных протоколов TCP,UDP. Формирование данных

для сервера ЕВО происходит с использованием ранее подготовленной библиотеки налетов и конвертера ЕВО. Выбор, запуск и остановка налёта осуществляется с использованием консоли управления сервера ЕВО. Отдельные клиенты ЕВО могут сами являться объектами воздушной обстановки. Такие клиенты встраиваются в модели ЗУР. Другие клиенты ЕВО встраиваются в модели аппаратуры РЛС. Отображение воздушной обстановки осуществляется на индикаторах ЕВО.

ЕВО и СЕВ используются на моделирующих стендах, созданных для отладки ПО средств, входящих в состав ЗРК. На первом стенде ЕВО и СЕВ используются для синхронизации данных между приблизительно 30 моделями и штатным ПО средств из состава ЗРК. Указанное ПО функционирует на нескольких моделирующих компьютерах и штатных вычислительных средствах ЗРК. На втором стенде ЕВО и СЕВ используются для синхронизации времени и генерации данных, формируемых для аппаратуры обработки сигналов РЛС. На третьем стенде объединяются разнородные стенды частей ЗРС. Кроме того, ЕВО и СЕВ используются для формирования данных для режима тренировки операторов боевого расчета КП ЗРК, и, таким образом, входят в состав штатного ПО ЗРК и учебно-тренировочного комплекса операторов КП ЗРК. Качественная синхронизация времени (расхождение не более 150 мкс) и синхронизация данных ЕВО (расхождение не более 1–2 метров в определении положения объекта) обеспечиваются без использования дополнительной аппаратуры синхронизации, а открытый модульный принцип построения ЕВО позволяет применять полученные решения в новых работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *IEEE 1588 Precision Time Protocol* [Электронный ресурс]. – 2012. – URL: <http://habrahabr.ru/post/163253> (дата обращения 15.04.2013).
2. **Correll K., Barendt N., Branicky M.** «Design Considerations for Software Only Implementations of the IEEE 1588 Precision Time Protocol» // *EECS Dept. – Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio, USA.* – 6 с.

SINGLE AIR SITUATION PERFORMING ON SIMULATION STANDS FOR SOFTWARE DEBUGGING OF AIR DEFENSE MISSILE COMPLEX

A.M. Ggimalo, M.M. Rodkin

The complex software (SW) debugging of air missile defense complex (AMDC) components is carried out on simulation stands. The radar stations (radars) and surface-to-air missiles (SAM) equipment models are used during debugging. When there are several models it's necessary to synchronize radar measurement data. During operation with different computers it's also necessary to provide time synchronization between computing aids for correct binding of measurements. For instance, Radar1, Radar2, SAM1, SAM2 models should have the same information on air situation in equal time interval. Additionally, for correct information fusion from several radars it's necessary to organize at AMDC command post (CP) the time synchronization with all radars. The mentioned tasks are solved through development of single aerial situation (SAS) and common timing system (CTS).

The SAS includes the SAS server, SAS converter, SAS server control console, several SAS clients, one or several SAS displays. The data exchange between mentioned aids is carried out in a network using the TCP, UDP transport protocols. The data generation for SAS server is implemented by using the previously arranged flying hour's library and SAS converter. The selection, start and termination of flying hours are done through SAS server control console. The SAS separate clients could represent the air situation objects. Such clients are built in SAM models. Other SAS clients are built in radar equipment models. The air situation presentation is carried out on SAS displays.

The SAS and CTS are used on simulation stands developed for SW debugging of AMDC aids. On the first stand the SAS and CTS are used for data synchronization between approximately 30 models and organic SW of AMDC aids. The mentioned SW operates on several modeling computers and organic computing devices of the AMDC. On the second stand the SAS and CTS are used for time synchronization and data generation formed for radar signals processing equipment. On the third stand the heterogeneous stands of missile defense system units are combined. Besides, the SAS and CTS are used for data generation for combat crew operators training mode of the AMDC command post (CP), and thus organically included in software of the AMDC and training complex of AMDC CP operators. The qualitative time synchronization (mistiming not more than 150 μ s) and the CTS data synchronization (deviation not more than 1–2 meters in object position indication) are provided without additional synchronization equipment, and open modular principle of the CTS performance permits to implement obtained solutions in new works.

Поступила 17 августа 2017 года.

О СПОСОБЕ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТРАЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

© Автор, 2017

Г.И. Ребриков кандидат технических наук,
старший научный сотрудник, 4-й ГЦМП МО РФ, г. Знаменск, Астраханская обл.
E-mail: rgeiv2159@yandex.ru

В статье приводится обоснование возможности построения многопозиционной многопараметрической системы измерений траекторий воздушных объектов, основанной на использовании глобальной навигационной спутниковой системы для синхронизации опорных частот приёмных пунктов. Предлагается построение измерительной системы с несколькими многокилометровыми измерительными базами. Обосновывается возможность достижения высоких точностей измерения координат и скорости за счёт использования больших баз и высокоточной синхронизации опорных частот.

Ключевые слова: глобальная навигационная спутниковая система, многопозиционные измерения, синхронные измерения, корреляционный метод измерений, измерения текущих навигационных параметров.

The article states the development possibility validation of multiposition multiparameter trajectory-measuring system of aerial objects, based on using of global positioning satellite system for synchronization of reference frequencies of receiving points. It's proposed the development of measuring system with several multikilometer measuring bases. The possibility to gain high accuracy coordinates and velocity measurements from using big bases and high accuracy reference frequencies synchronization was proved.

Keywords: global positioning satellite system, multiposition measurements, synchronous measurements, correlation measuring method, current navigational parameters measurements.

В статье анализируются реализованные в полигонных испытаниях методы траекторных измерений испытываемых объектов, проводится исторический экскурс в развитие траекторных систем. Обосновывается возможность построения многопозиционной системы траекторных измерений воздушных объектов, основанной на использовании навигационных спутников для синхронизации опорных частот приёмных пунктов. Предлагается построение системы с несколькими многокилометровыми измерительными базами. Обосновывается возможность достижения высоких точностей измерения координат и скорости за счёт использования больших баз и высокоточной синхронизации опорных частот. Перспективы развития предлагаемого способа основаны на высокой динамике развития методов использования космической навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС и её совершенствовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Леконцев Д.А., Рубцов Н.С., Успенский К.К.** Применение аппаратуры потребителя и средств функциональных дополнений глобальных навигационных спутниковых систем для обеспечения полигонных испытаний // Труды юбилейной научно-технической конференции, посвящённой 70-летию 4ГЦМП. – г. Знаменск, 2016.
2. **Терехин С.Н., Филиппов А.Г.** Анализ алгоритмов обработки ретранслированных сигналов для определения координат аварийно-спасательных формирований МЧС России при проведении операций в зонах особого риска // Труды Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – Санкт-Петербург, 2016.
3. **Тяпкин В.Н., Гарин Е.Н.** Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС: Монография. – Красноярск, Сибирский федеральный университет, 2012.
4. **Антонович К.М.** Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. – Москва, ФГУП «Картгеоцентр», 2006.
5. TOPCON GB-1000. Руководство пользователя P/N 31-050402-01. – URL: <http://www.topconpositioning.com>.
6. Интерфейсный контрольный документ. Глобальная навигационная система ГЛОНАСС. Навигационный радиосигнал в диапазонах L1, L2 (редакция 5.1). – Москва, РНИИ КП, 2008.
7. Интерфейсный контрольный документ. Глобальная навигационная система ГЛОНАСС. Система высокоточного определения эфемерид и временных поправок (СВОЭВП). – М.: НИИ ПП., 2009.

8. Приёмоиндикатор СНС ГЛОНАСС/GPS для ракетно-космической техники Система Т-737 («Триада»). – URL: www.glonass-portal.ru/catalog/navigators/spase_base/t737. – URL: [http: www.mkb-kompas.ru](http://www.mkb-kompas.ru).
9. Системы ГЛОНАСС и планы развития системы // Материалы 10-й ежегодной Башкской конференции по ГНСС, г. Башка, Хорватия. – ФГУП «ЦНИИмаш» госкорпорации «Роскосмос», 2016.

DEVELOPMENT METHOD OF MULTIPosition TRAJECTORY-MEASURING SYSTEM

G.I. Rebrikov

The article analyzes the realized during range tests methods of trajectory measurements of tested objects, the historical insight to trajectory systems development is provided. The development possibility of multiposition multiparameter trajectory-measuring system of aerial objects, based on using of global positioning satellite system for synchronization of reference frequencies of receiving points is validated. It's proposed the development of measuring system with several multikilometer measuring bases. The possibility to gain high accuracy coordinates and velocity measurements from using big bases and high accuracy reference frequencies synchronization was proved. The development prospect of proposed method is based on high growth method dynamics of GLONASS global positioning satellite system using and its improvement.

Поступила 4 сентября 2017 года.

ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

УДК 623.4.084.8

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РУЛЕВЫХ ПРИВОДОВ ДЛЯ ЗУР СРЕДНЕЙ ДАЛЬНОСТИ

© Авторы, 2017

В.Н. Акимов доктор технических наук,
зам. генерального директора по науке – Генеральный конструктор,
ПАО «ДНПП», г. Долгопрудный, Московская обл.

В.П. Уласевич
начальник отдела, ПАО «ДНПП», г. Долгопрудный, Московская обл.

С.В. Грызин
инженер-конструктор, ПАО «ДНПП», г. Долгопрудный, Московская обл.
E-mail: okb@dnpp.biz

Рассматриваются рулевые приводы, как исполнительные устройства системы стабилизации ЗУР. При сравнительном анализе основных свойств различных типов рулевых приводов были использованы экспериментальные данные, а также расчётные результаты, полученные на имитационных математических моделях.

Ключевые слова: ЗУР, газовые рулевые приводы, электромеханические рулевые приводы, скоростная характеристика привода, моментная характеристика привода, механическая характеристика привода, динамические характеристики привода, система стабилизации ЗУР.

The flight control actuators are examined as actuating mechanisms of SAM stabilization system. During comparative analysis of main characteristics of flight control actuators of different types the experimental data as well as calculated results obtained on simulation mathematical models were used.

Keywords: SAM, gas flight control actuators, electromechanical flight control actuators, actuator response rate, actuator moment characteristics, actuator mechanical characteristic, actuator dynamic characteristics, SAM stabilization system.

Рассматриваются газовые и электрические рулевые приводы, как исполнительные устройства системы стабилизации ЗУР. В статье приводятся основные особенности функционирования газовых и электрических рулевых приводов, приведены результаты по сравнению приводов по нагрузочным, механическим и скоростным характеристикам, динамической жесткости и оценке динамических свойств различных типов приводов. При сравнительном анализе основных свойств различных типов рулевых приводов были использованы экспериментальные данные, а также расчетные результаты, полученные на имитационных математических моделях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский И.И., Афанасьев П.П., Болотов Е.Г., Голубев И.С., Матвеев А.М., Мизрохи В.Я., Новиков В.Н., Остапенко С.Н., Светлов В.Г. Проектирование зенитных управляемых ракет: Учебник / под ред. И.С. Голубева и В.Г. Светлова. – М.: Издательство МАИ, 1999. – С.318–319.
2. Мелкозеров П.С. Приводы в системах автоматического управления (энергетический расчет и выбор параметров). – М. – Л.: Энергия, 1966. – С.64–65.

3. **Мизрохи В.Я.** Проектирование управления зенитных ракет: Учебно-научное издание. – М.: Издательство ООО «Экслибрис-Пресс», 2010. – С.110.
4. **Попов А.И., Гончаров А.С.** Адаптивная система прямого цифрового управления следящего рулевого электропривода автономных объектов // Электротехнические комплексы и системы управления: науч.-техн. журнал. – Воронеж: Издательский дом «Кварта», 2011, №1. – С.37–41.

DIFFERENT TYPES COMPARISON OF FLIGHT CONTROL ACTUATORS FOR MEDIUM RANGE SAM

V.N. Akimov, V.P. Ulasevich, S.V. Grizin

The gas and electric flight control actuators are examined as actuating mechanisms of SAM stabilization system. The article states main functioning features of gas and electric flight control actuators, the comparison results of actuators in loading, mechanical and response rate characteristics, dynamic flexibility and evaluation of dynamic characteristics of flight control actuators of different types were performed. During comparative analysis of main characteristics of flight control actuators of different types the experimental data as well as calculated results obtained on simulation mathematical models were used.

Поступила 8 июня 2017 года.

УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ ИМПУЛЬСНЫХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

© Автор, 2017

С.А. Бугаев

зам. директора, НКБ цифровой обработки сигналов ЮФУ, г. Таганрог

E-mail: sabugaev@sfedu.ru

В статье обосновывается необходимость создания банка радиолокационных сигналов для обеспечения возможности оптимизации существующего и разработки нового алгоритмического обеспечения наземных радиолокационных станций (РЛС).

Ключевые слова: радиолокация широкополосных сигналов, аналого-цифровое преобразование, синхронная динамическая память с произвольным доступом, долговременное запоминающее устройство, программируемая логическая интегральная схема.

The article states the necessity to develop a bank of radar signals to provide optimization possibility of the current and development of a new algorithm support of ground-based radar stations (radars).

Key words: wideband signals radiolocation, analog-to-digital conversion, Synchronous DRAM with random access, long-term storage, field programmable gate array.

В статье ставится цель создания банка радиолокационных сигналов для обеспечения возможности оптимизации существующего и разработки нового алгоритмического обеспечения радиолокационных станций (РЛС).

Представлено краткое описание устройства регистрации импульсных широкополосных сигналов (ИШПС), а также конкретная реализация основных узлов устройства: аналого-цифрового преобразователя, узла обработки сигналов на программируемой логической интегральной схеме.

Особое внимание уделено реализации долговременного запоминающего устройства на базе твердотельных накопителей данных, основанных на использовании массивов NAND-flash.

Обоснована реализация двухканального регистратора с использованием разветвителя тактового сигнала.

Приведена структурная схема и основные параметры устройства регистрации ИШПС.

Даны фотографии изготовленного в НКБ цифровой обработки сигналов ЮФУ экспериментального образца устройства регистрации ИШПС.

В заключение говорится о достоинствах широкополосных сигналов по сравнению с узкополосными, а также о возможностях улучшения технических характеристик РЛС в связи с применением современных микросхем АЦП, программируемой логики и твердотельных накопителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаев С.А., Жирнов В.С., Макаев В.Е., Миронович С.Я. Блок регистратора отражённых радиолокационных сигналов. Многопроцессорные вычислительные и управляющие системы (МВУС-2007) // Материалы Международной научно-технической конференции. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007, Т.2. – С.203–206.
2. Богданов А.В., Голубенко В.А., Киселев В.В., Кучин А.А., Макаев В.Е., Маняшин С.М., Миронович С.Я., Синицын А.В. Результаты экспериментальных исследований по оценке возможности радиолокационного распознавания состояния воздушных целей в бортовых радиолокационных системах сантиметрового диапазона волн и пути их использования. Многопроцессорные вычислительные и управляющие системы (МВУС-2007) // Материалы Международной научно-технической конференции. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007, Т.2. – С.226–230.
3. Бугаев С.А., Жирнов В.С. Особенности использования энергонезависимой памяти на структурах NAND FLASH в модуле цифровой обработки и накопления сигналов. Многопроцессорные вычислительные и управляющие системы (МВУС-2007) // Материалы Международной научно-технической конференции. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007, Т.2. – С.200–203.

PULSED WIDEBAND SIGNALS RECORDER

S.A. Bugaev

The article states an objective to develop a bank of radar signals to provide optimization possibility of the current and development of a new algorithmic support of radar stations (radars).

The pulsed wideband signals (PWBS) recorders brief description is given, and as well as specific implementation of main device nodes: analog-to-digital converter, signals processing node on programmable logical integrated circuit.

The special focus is on realization of solid-state drive long-term storage on the base of NAND-flash arrays.

The implementation of two-channel recorder using the clock signal splitter was validated.

The structural scheme and main parameters of PWBS recorder were presented.

The pictures of signals digital processing engineering prototype of PWBS recorder manufactured in Southern Federal University design engineering bureau were provided.

The article concludes the advantages of wideband signals in comparison with a narrowband, and the possibilities to improve radar performance due to implementation of modern analog-to-digital converter (ADC) microcircuits, programmable logic and solid-state drives as well.

Поступила 17 августа 2017 года.

УДК 673+678

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-ПЕЧАТИ В АНТЕННОЙ И СВЧ-ТЕХНИКЕ

© Авторы, 2017

А.С. Ванютин

зам. начальника отдела измерений и испытаний, АО «Завод Искра», г. Ульяновск

E-mail: mr.snide@yandex.ru

Д.З. Садикова

инженер-конструктор 2 категории, АО «Ульяновский механический завод», г. Ульяновск

Е.С. Мотлях

инженер-конструктор 3 категории, АО «Ульяновский механический завод», г. Ульяновск

В настоящее время существует потребность в новых материалах и новых технологиях для создания изделий с улучшенными характеристиками и меньшими затратами на изготовление. Новые технологии 3D-печати LENS (Laser engineered net shaping), SLS (laser sinetering), совмещённые аддитивные технологии с механической обработкой позволяют создавать новые конструкции антенн и СВЧ-техники сложной формы с заданными характеристиками.

Ключевые слова: 3D-печать, антенны, СВЧ, LENS, SLS.

Nowadays there is a need in new materials and new technologies for items manufacturing with improved characteristics and lower costs on its production. New 3-D printing technologies, such as LENS (Laser engineered net shaping), SLS (laser sinetering), combined additive technologies with mechanical operation, permit to produce new structures of antennas and microwave facilities of complex forms with specified characteristics.

Keywords: 3D printing, antennas, microwave, LENS, SLS.

С появлением современного оборудования и программного обеспечения стало возможно применение 3D-печати в антенной и СВЧ (сверхвысокочастотной) технике. Новые технологии 3D-печати позволяют создавать изделия не только из полимеров, но и из металлов. Принцип работы оборудования, такого как Optomec LENS 850-R [3], работающего методом лазерного наплавления LENS (Laser Engineering net shaping): материал в форме порошка выдувается из сопла и попадает на сфокусированный луч лазера. Порошки различных материалов можно смешивать и получать таким образом сплавы. [1]. Технология 3D-печати актуальна при изготовлении волноводов со сложными изгибами и переходами на разные сечения, позволяет изготавливать сложные по конфигурации СВЧ-узлы, что при существующих технологиях очень трудоёмко и иногда не представляется возможным.

Ещё один вариант получения волноводов сложных форм и сечений – это совмещённая обработка, т.е. объединение лазерной наплавки и фрезерной обработки. Эта технология воплощена в станках DMG MORI Lasertec 65 3D [2]. Объединение аддитивных технологий с традиционными методами обработки на одном станке позволяет значительно увеличить область применения. Автоматический переход от лазерной обработки к фрезерным операциям обеспечивает эффективную фрезерную обработку участков, которые невозможно обработать на готовой детали.

Для изготовления СВЧ-корпусов можно применить технологию SLS (laser sintering). СВЧ-корпуса можно изготавливать из полиамидов на установке EOS FORMIGA P 100 путём выборочного спекания мелкодисперсного порошка полимерных материалов и последующей плазменной металллизацией с помощью автоматической системы Sulzer Metco UniCoat [4]. Замена металлов объясняется высокой эффективностью современных полимерных композиционных материалов для использования их в СВЧ-модулях.

Применение указанных технологий 3D-печати позволит изготавливать новые конструкции антенн и СВЧ-техники сложной формы с заданными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Моргунов В.Г.** Применение полимерных композиционных материалов в качестве замены цветных и черных металлов, используемых при производстве модулей СВЧ // Функциональные основы радиоэлектронного приборостроения: материалы Международной научно-технической конференции. – Москва: МИРЭА, 2012. – С.97–100.
2. **DMG MORI.** – URL: <http://ru.dmgmori.com> URL: <http://ru.dmgmori.com>.
3. **Optomec production Grade 3D Printers.** – URL: <http://www.optomec.ru>.
4. **Металлизация.** – URL: <http://weldzone.info/technology/gas-sputtering/264-metallizaciya>.

PERSPECTIVE USE OF 3D PRINTING IN ANTENNA AND MICROWAVE FACILITIES

A.S. Vanutin, D.Z. Sadikova, E.S. Motlyah

With the appearance of modern equipment and software the use of 3-D printing in antenna and microwave (super high frequency) facilities becomes possible. The new technologies of 3-D printing permit to manufacture items not only from polymers, but from metal. Equipment operation principle, such as Optomec LENS 850-R [3], operating through LENS overlay laser welding (Laser Engineering net shaping): the material in form of powder is blow-off from nozzle and falls on focused laser beam. The powders of different materials can be mixed and as a result one can have an alloy [1]. The 3-D printing technology is relevant during manufacturing of waveguides with compound bending and jumps to different sections, permits to produce complex in configuration microwave joints that considering the current technologies is time-consuming and sometimes is impossible to realize.

Another variant of waveguides manufacturing of complex forms and sections – is combined machining, i.e. join of overlay laser welding and milling. This technology is used in DMG MORI Lasertec 65 3D [2] machine-tool. The combination of additive technologies with traditional machining techniques at one machine-tool permits substantially enlarge field of utilization. Automatic transition from laser processing to milling provides an effective milling of segments that are impossible to machine on completed part. For manufacturing of microwave frames it's possible to use the SLS technology (laser sintering). The microwave frames can be manufactured from polyamides on EOS FORMIGA P 100 machine via selective sintering of polymer materials fine powder and further plasma spraying process using the Sulzer Metco UniCoat [4] automated system. The metals change is explained by high efficiency of modern polymeric composite materials for its utilization in microwave modules.

The use of mentioned technologies of 3-D printing permits to manufacture new structures of antennas and microwave facilities of complex form with specified characteristics.

Поступила 27 июня 2017 года.

УДК 621.375.826

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО HF/DF-ЛАЗЕРА

© Авторы, 2017

Э.А. Газизова

инженер-исследователь 3 категории, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров, Нижегородская обл.

E-mail: lambinobel@mail.ru

Н.А. Зарецкий

начальник научно-исследовательского отдела, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров, Нижегородская обл.

E-mail: zaretsky@otd13.vniief.ru

О.О. Федоркин

начальник научно-исследовательской лаборатории, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров, Нижегородская обл.

E-mail: fedorkin-oleg@yandex.ru

В.В. Щуров кандидат физико-математических наук,

ведущий научный сотрудник, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров, Нижегородская обл.

E-mail: v_shchurov@rambler.ru

В работе проведено детальное изучение спектрально-временных параметров излучения электроразрядного HF/DF-лазера. Определена зависимость энергии и мощности лазерного импульса от времени. Зарегистрированы как интегральный спектральный состав излучения, так и состав излучения в различные моменты лазерного импульса. Определена задержка начала излучения на разных переходах относительно начала лазерного импульса. Длительность импульса излучения отдельной спектральной линии зависит в первую очередь от вращательного квантового числа и практически не зависит от колебательного квантового числа.

Ключевые слова: электроразрядный химический импульсно-периодический лазер, спектральный состав, длительность импульсов генерации, задержка излучения на переходе, мощность линии.

This paper provides thorough study of time-spectral parameters of electric-discharge HF/DF-laser emission. The dependence of laser pulse energy and power on time has been obtained. Both integrated laser spectra and emission composition at different moments of a laser pulse have been registered. The delay of emission onset at different junctions with respect to the onset of a laser pulse has been obtained. Emission pulse width of a particular spectral line depends primarily on rotational quantum number and doesn't depend practically on vibrational quantum number.

Key words: electric-discharge chemical pulse-periodic laser, spectral composition, generation pulse width, emission delay at the junction, line power.

В работе представлены результаты исследования спектрально-временного распределения энергии генерации электроразрядного химического HF/DF-лазера. В спектре излучения HF-лазера экспериментально обнаружены 16 линий, в спектре излучения DF-лазера – 28 линий разной интенсивности в четырёх колебательных полосах. Линии излучения DF-лазера лежат в спектральной области от 3.6 мкм до 4,1 мкм. Наиболее энергетичной является полоса 2–1, в ней сосредоточено 42.6 % всей лазерной энергии. В этой же полосе находятся и наиболее сильные линии излучения P2(9) и P2(10), на них приходится свыше 20% энергии. Линии излучения HF-лазера лежат в спектральной области от 2.6 мкм до 3.1 мкм. Основная энергия генерации ($\approx 82\%$) сосредоточена в пяти линиях: P1(8), P1(9), P2(6), P2(7), P2(8), находящихся в спектральном диапазоне от 2.78 мкм до 2.91 мкм. Показано, что для DF-лазера генерация начинается на переходах полосы 3–2 при малых вращательных квантовых числах, для HF-лазера генерация начинается на переходах полосы 2–1. С ростом вращательного квантового числа время задержки растёт. Длительность импульса излучения отдельной спектральной линии зависит в первую очередь от вращательного квантового числа и практически не зависит от колебательного квантового числа. Также представлена зависимость мощности спектральных линий от вращательного квантового числа в пределах отдельных колебательных полос.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ананьев Ю.А.** Оптические резонаторы и проблема расходимости лазерного излучения – М.: 1979.
2. **Степанов Б.Н.** Методы расчета оптических квантовых генераторов. – Минск, 1966.
3. **Гросс Р., Ботт Д.** Химические лазеры. – М.: 1980.

RESEARCH OF TIME-SPECTRAL DISTRIBUTION OF GENERATION ENERGY OF AN ELECTRIC-DISCHARGE HF/DF-LASER

E.A. Gazizova, N.A. Zaretsky, O.O. Fedorkin, V.V. Shchurov

The paper provides the results of research of time-spectral distribution of generation energy of an electric-discharge chemical HF/DF-laser. The 16 lines were found experimentally in the HF-laser emission spectrum. The 28 lines of different intensity in four vibrational bands were detected in the DF-laser emission spectrum. DF-laser emission lines are within the spectral range from 3.6 μm to 41 μm . The band 2-1 is the most energetic. It has 42.6% of all laser energy. It also has the strongest emission lines P2(9) and P2(10) with over 20% of energy. HF-laser emission lines are within the spectral range from 2.6 μm to 3.1 μm . The major generation energy (about 82%) is concentrated in five lines: P1(8), P1(9), P2(6), P2(7), P2(8) located in the spectral range from 2.78 μm to 2.91 μm . The generation for the DF-laser is shown to begin at the junctions of a band 3-2 with small rotational quantum numbers. The generation for the HF-laser starts at the junctions of a band 2-1.

The time delay rises with the increase of rotational quantum number. Emission pulse width of a particular spectral line depends primarily on rotational quantum number and doesn't depend practically on vibrational quantum number. The dependence of spectral line power on rotational quantum number within the limits of certain vibrational bands is given as well.

Поступила 27 июня 2017 года.

УДК 621.317.621.3.029.6

ТЕХНИКА ИЗМЕРЕНИЯ S-ПАРАМЕТРОВ СВЧ-ТРАНЗИСТОРОВ В ПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ВОЛНОВЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

© Авторы, 2017

В.И. Евсеев

директор, «Арзамасское приборостроительное КБ», г. Арзамас, Нижегородская обл.

E-mail: vladimir.evseev@oaoapz.com

О.В. Лавричев

генеральный директор, «Арзамасский приборостроительный завод им. П.И. Пландина»,
г. Арзамас, Нижегородская обл.

С.М. Никулин доктор технических наук, профессор,

профессор кафедры «Компьютерные технологии в проектировании и производстве»

ФГОУ ВПО «Нижегородский ГТУ им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород

В.В. Петров кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры «Компьютерные технологии в проектировании и производстве»

ФГОУ ВПО «Нижегородский ГТУ им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород

А.С. Шипунов

ФГОУ ВПО «Нижегородский ГТУ им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород

Предложена оригинальная конструкция универсального контактного устройства для измерения S-параметров СВЧ-транзисторов в полосковых линиях передачи низкого волнового сопротивления. Для исключения влияния контактного устройства на результаты измерений предлагается использовать LRT-метод определения параметров объектов в нестандартных направляющих системах. В комплект полосковых калибровочных мер предлагается включить электрически длинную линию, отрезки линий, создающие режимы короткого замыкания, короткую линию и линию низкого волнового сопротивления. S-параметры мощных СВЧ-транзисторов в коаксиальном канале в режиме большого сигнала предлагается измерять методом пространственно удаленной переменной нагрузки.

Ключевые слова: СВЧ-транзисторы, S-параметры, контактное устройство, полосковые линии, LRT-метод, калибровочные меры.

The original design of all-purpose contact device for S-parameters measuring of microwave transistors in strip transition lines of low wave impedance was proposed. To exclude the influence of contact device on measuring results it's suggested to use the LRT-method of objects parameters detection in nonstandard guide systems. It's suggested to include into package of strip calibration passive-measuring instruments the electrically long line, lines segments, creating the short-circuit conditions, the short line and low wave impedance line. It's proposed to measure the S-parameters of high powered microwave transistors in coaxial channel in large-signal operation by the spatial-remote variable load method.

Keywords: microwave transistors, S-parameters, contact device, microstrip-lines, LRT-method, calibration passive-measuring instruments.

Проектирование усилителей СВЧ мощности выполняется на основе измеренных S-параметров транзисторов в полосковых линиях передачи. Входной и выходной импедансы СВЧ-транзисторов существенно отличаются от стандартного волнового сопротивления 50 Ом. По этой причине измерения следует проводить в полосковых линиях низкого волнового сопротивления.

Предложена оригинальная конструкция универсального контактного устройства для решения этой технической задачи. Контактное устройство выполнено в виде модульной конструкции, позволяющей в зависимости от решаемой задачи, использовать различные типы входных и выходных разъемов, подключать тестовые и калибровочные платы с различными геометрическими размерами. При измерении на высоких уровнях СВЧ мощности контактное устройство допускает установку дополнительных систем охлаждения, как на калибровочные меры, так и объекты измерения.

Получаемые S-параметры при измерении в стандартном коаксиальном канале, относятся не к транзистору, а к каскадному соединению двух цепей А и В, образованных коаксиально-полосковыми переходами контактного устройства и отрезками полосковых линий передачи, в разрыве которых установлен

анализируемый объект. В связи с этим возникает задача исключения влияния контактного устройства на результаты измерений. Эту задачу предлагается решать LRT-методом определения параметров объектов в нестандартных направляющих системах. В комплект полосковых калибровочных мер предлагается включить электрически длинную линию, отрезки линий, создающие режимы короткого замыкания, короткую линию и линию низкого волнового сопротивления.

S-параметры мощных СВЧ-транзисторов в коаксиальном канале в режиме большого сигнала предлагается измерять методом пространственно удаленной переменной нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Southwest Microwave. Hi-Performans Microwave Connectors.* – URL: <http://mpd.southwestmicrowave.com/products/family.php.family=71>, свободный.
2. **Евсеев В.И., Лавричев О.В. и др.** Методы и средства измерения параметров микроселектронных компонентов в полосковых линиях передачи // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – Москва, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2015, Выпуск 1(5). – С.60–64.
3. **Лавричев О.В., Никулин С.М.** LRT-метод определения параметров объектов в нестандартных направляющих системах // Журнал Датчики и системы. – М.: Изд-во Сенсидат-Плюс, 2017, №8–9. – С.39–44.
4. **Никулин С.М., Торгованов А.И.** Проектирование усилителей СВЧ-мощности. Эффективность метода удаленной переменной нагрузки // Журнал Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – М.: Изд-во РИЦ «Техносфера», 2015, №3. – С.148–153.
5. **Никулин С.М., Торгованов А.И.** Измерение S-параметров СВЧ-транзистора при высоких уровнях мощности методом пространственно удаленной нагрузки // Журнал Датчики и системы. – М.: Изд-во Сенсидат-Плюс 2015, №4. – С.14–18.

S-PARAMETERS MEASUREMENT TECHNIQUE OF MICROWAVE TRANSISTORS IN MICROSTRIP WITH RANDOM WAVE IMPEDANCE

V.I. Evseev, O.V. Lavrichev, S.M. Nikulin, V.V. Petrov, A.S. Shipunov

The designing of high power microwave amplifiers is carried out on the base of measured transistors S-parameters in strip transition lines. Input and output impedance of microwave transistors is substantively differ from the standard wave impedance of 50 Ohm. For this reason the measurements should be done in strip lines of low wave impedance. To solve this technical problem the original design of all-purpose contact device was proposed. The contact device is performed in modular assembly permitting to use, depending on the solving problem, different types of input and output joints, connect test and calibration boards with different geometrical sizes. During measurement at high level of microwave power it's permitted to install in the contact device the additional cooling systems, both on calibration passive-measuring instruments and measuring objects. The obtained S-parameters during measuring in standard coaxial channel are referred not to transistor but to cascade connection of two circuits A and B, formed by the coaxial-strip junctions of contact device and by strip-lines segments, in breaks of which the tested object is installed. In this respect there is a problem to exclude the influence of contact device on measurement results.

This problem is proposed to solve by the LRT-method of objects parameters finding in nonstandard guide systems. It's suggested to include into package of strip calibration passive-measuring instruments the electrically long line, lines segments, creating the short-circuit conditions, the short line and low wave impedance line. It's proposed to measure the S-parameters of high powered microwave transistors in coaxial channel in large-signal operation by the spatial-remote variable load method.

Поступила 10 июля 2017 года.

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ С ПЛАВАЮЩИМ СКОЛЬЗЯЩИМ ОКНОМ С УДАЛЕНИЕМ МЕШАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

© Авторы, 2017

С.Ю. Задорожний

инженер-программист 2 категории, АО «НИИП им. В.В. Тухомирова», г. Жуковский, Московская обл.
E-mail: sergejko2008@yandex.ru

В.В. Смирнов

гл. специалист, АО «НИИП им. В.В. Тухомирова», г. Жуковский, Московская обл.

С.Е. Симунов

начальник отдела, АО «НИИП им. В.В. Тухомирова», г. Жуковский, Московская обл.

Был разработан и реализован программируемый алгоритм обнаружения целей с плавающим скользящим окном с удалением мешающих воздействий из статистики обнаружения. Рассматриваемый алгоритм позволяет эффективно различать и обнаруживать цели с близкими скоростями в области доплеровских частот. Эффективность алгоритма обеспечивается минимизацией условных команд и обновлением статистики при добавлении нового отсчёта, то есть статистика не собирается сначала, а обновляется при добавлении нового отсчёта, при этом данный алгоритм может работать как классический обнаружитель, так и как ранговый обнаружитель, в зависимости от заданных параметров управления.

Ключевые слова: программируемый алгоритм обнаружения целей, плавающее скользящее окно, удаление мешающих воздействий.

The programmable algorithm of targets detection with floating sliding window and with removing of clutters from counts sequence of detection has been developed. The examined algorithm permits effectively discriminate and detect targets with closed velocities in Doppler frequency area. The algorithm efficiency is provided by conditional commands minimization and updating of counts sequence when adding a new count, i.e. the counts sequence is not to acquired from the beginning, but is updated, when adding a new count, herewith this algorithm can operate both as a classical detector and as rank detector depending on predetermined control parameters.

Keywords: algorithm with adjustable parameters, sliding window, counts sequence ranking.

В работе на тему «Программируемый алгоритм обнаружения целей с плавающим скользящим окном с удалением мешающих воздействий» был разработан и реализован программируемый метод обнаружения целей.

Данный метод сочетает в себя два подхода, он может быть использован, как и классический метод обнаружения, с формированием скользящего окна, которое в свою очередь состоит из двух полуокон, левого и правого, так и как ранговый обнаружитель, путём удаления из анализа статистики n -ого количества выборок с максимальным значением. Так же, в данном алгоритме была изменена обработка в отсчетах, лежащих в непосредственной близости к краю обрабатываемой зоны частотного спектра. В классическом методе, если выбранный отсчёт лежит на расстоянии, меньшем, чем длина полуокна, от края зоны, то порог вычисляется по одному полуокну, а потом умножается на некий поправочный коэффициент, чтобы скомпенсировать меньшее количество отсчётов, использованное при расчете значения порога. Такой подход искусственно завышает значения порога в данных отсчетах, что приводит к потере чувствительности, и как следствие, меньшей вероятности обнаружения. В данном методе, в случае нехватки отсчетов в одном полуокне, недостающие отсчеты добираются из другого полуокна, что не приводит к уменьшению статистики, и как следствие, повышает вероятность обнаружения цели в данных отсчетах.

Разработка реализация обнаружителя, сочетающего в себе качества, как и классического метода обнаружения, так и рангового метода, с плавающим скользящим окном на краях обрабатываемой зоны частотного спектра стали целью данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вопросы Радиоэлектроники // Серия Радиолокационная Техника (РЛТ). – 2013, выпуск 1.

PROGRAMMABLE ALGORITHM OF TARGETS DETECTION WITH FLOATING SLIDING WINDOW AND REMOVAL OF CLUTTERS

S.U. Zadorozhniy, V.V. Smirnov, S.E. Simunov

The programmable algorithm of targets detection with floating sliding window and with removing of clutters from counts sequence of detection has been developed and realized in the paper.

The method combines two approaches; it can be used as classical detection method with forming of sliding window which in its turn consists of two half-windows, right and left, and as a ranked detector by removing the N-number samples from statistics analysis. Similarly, the processing in counts, lying closely to the edge of processed frequency spectrum area, has been changed. In classical method, if selected count lies in distance closer than half-window length from area edge, then the threshold is calculated by one half-window and further multiplied to some correction factor in order to compensate less counts used during threshold value calculation. Such an approach artificially overestimates the threshold value in these counts that leads to sensitivity loss and as a consequence to a less detection probability. If there is a lack of counts in one half-window in this method, the lacking counts are taken from other half-window that doesn't lead to statistics reduction and as a consequence increases the target detection probability in the counts.

The development and realization of the detector combining qualities of classical detection method and rank algorithm with floating sliding window on edges of frequency spectrum processing area was an objective of work.

Поступила 22 марта 2017 года.

ТУРБОДЕКОДИРОВАНИЕ КОДА ПРОИЗВЕДЕНИЯ НА ЦИФРОВОМ СИГНАЛЬНОМ ПРОЦЕССОРЕ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

© Автор, 2017

А.Н. Лутков

начальник сектора, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: anlutkov@gmail.com

Рассматриваются вопросы оптимизации программного кода для цифрового сигнального процессора при реализации алгоритма турбодекодирования кода произведения. Оптимизация программного кода достигается за счёт модификаций алгоритма, что позволяет снизить количество операций, и адаптации алгоритма к особенностям архитектуры вычислительной платформы с целью максимального использования её ресурсов.

Ключевые слова: радиоканал, помехоустойчивое кодирование, код произведения, турбодекодирование, мягкий декодер, цифровой сигнальный процессор, вычислительная сложность, программный код, время декодирования, реальный масштаб времени.

Optimization of a digital signal processor code for the product code turbo-decoding algorithm is considered. Increase in efficiency of a program code is reached both due to modifications of the algorithm, and due to adaptation of the algorithm to architecture of the computing platform.

Keywords: radiolink, noiseproof coding, product code, turbo-decoding, soft decoder, digital signal processor, computing complexity, program code, decoding time, real-time scale.

Цель статьи – рассмотрение алгоритмических и программно-алгоритмических решений по разработке эффективного программного кода для турбодекодирования кода произведения на цифровом сигнальном процессоре ADSP-TS201S; подтверждение теоретических оценок по снижению вычислительной сложности турбодекодирования за счет накопления внешней информации.

Материал статьи организован следующим образом. В разделе 1 рассмотрены алгоритмические и программно-алгоритмические решения, позволяющие разработать эффективный программный код на языке ассемблера для алгоритма Чейза-Пандиаха, приведены результаты оценки его быстродействия и детализация числа тактов по операциям. В разделе 2 описаны особенности реализации модификаций алгоритма Чейза-Пандиаха с накоплением внешней информации, позволяющие повысить быстродействие декодера, приведены результаты оценки достигнутого быстродействия. В разделе 3 произведен сравнительный анализ алгоритмов по критериям энергетической эффективности и времени обработки сигнала. В заключении сделан вывод о достижимом быстродействии, степени соответствия теоретических и практических результатов повышения быстродействия декодера, даны рекомендации по выбору подходящей реализации алгоритма декодирования. Приведены новые свойства предложенных модификаций алгоритмов турбодекодирования кода произведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубарев Ю.Б., Овечкин Г.В. Помехоустойчивое кодирование в цифровых системах передачи данных // Электро-связь. – 2008, №12. – С.58–61.
2. Варгаузин В.А., Цикин И.А. Методы повышения энергетической и спектральной эффективности цифровой радиосвязи. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 352 с.: ил.
3. Варгаузин В. Вблизи границы Шеннона // Телемультимедиа. – 2005, Июнь. – С.3–10.
4. Архипкин А. Турбокоды – мощные алгоритмы для современных систем связи // Беспроводные технологии. – 2006, №1. – С.63–64.
5. Pyndiah R. Near optimum decoding of product codes: Block Turbo Codes. – IEEE Trans. on Communications, vol.46, August 1998. – P.1003–1010.
6. Channel coding in communication networks: from theory to turbocodes/edited by Alain Glavieux. 1st ed. – ISTE Ltd, 2007.
7. Golic A., Pyndiah R. Real-Time Turbo-Decoding of Product Codes on a Digital Signal Processor // IEEE, 1997. – P.624–628.

8. URL: <http://www.aha.com>.
9. **Архипкин А.В.** Разработка алгоритмов кодирования и декодирования для телекоммуникационных систем радиосвязи с ортогональными поднесущими: диссертация кандидата технических наук. – Москва, Московский государственный институт электронной техники, 2008.
10. URL: <http://www.analog.com>.
11. URL: <http://www.milandr.ru>.
12. **Кузин А.А., Кочурбейкин И.В., Огурцов А.Г.** Реализация алгоритма порогового обнаружения методом порядковых статистик на высокопроизводительном процессоре цифровой обработки сигналов // Современные проблемы науки и образования. – 2015, № 2 (часть 2).
13. **Тумачек А.** Применение платформы ADSP-TS201 для решения задач в реальном масштабе времени: методики оптимизации программного кода // Современная электроника. – 2009, №5. – С.68–73.
14. **Лутков А.Н.** Алгоритм декодирования турбокода произведения с накопителем внешней информации. – М.: Успехи современной радиоэлектроники, 2016, №2. – С.112–118.
15. **Зайцев Г.В., Лутков А.Н.** Анализ эффективности турбодекодирования кодов произведения при различных вариантах обмена информацией между итерациями // Цифровая обработка сигналов. – 2016, №2. – С.3–8.

REAL-TIME TURBO-DECODING OF A PRODUCT CODE ON A DIGITAL SIGNAL PROCESSOR

A.N. Lutkov

The purpose of the article is to consider algorithmic and program-algorithmic solutions for the development of effective assembler code for turbo-decoding of a product code on the digital signal processor ADSP-TS201S and confirmation of theoretical estimates for reducing the computation complexity of turbo-decoding due to the accumulation of the extrinsic information.

The article is organized as follows. Algorithmic and program-algorithmic solutions are considered in section 1 of the article. According to this solutions make an efficient assembler code for the Chase-Pyndiah algorithm is possible. The assembler code speed estimation and number of required cycles for each operation are presented. Section 2 is devoted to description of algorithms with the extrinsic information accumulation features that allow reduce time of the decoding. The estimations of the achieved time performance are given. Comparative analysis of the algorithms by energy efficiency and time of the decoding are performed in section 3 of the paper. Resume about achievable speed and difference between the theoretical and practical results of increasing the decoding speed are made in the conclusion. Practical recommendations for choice of the appropriate realization of the decoding algorithm are proposed. The news properties of modified algorithms with the extrinsic information accumulation for decoding of the product code are presented.

Поступила 14 сентября 2017 года.

УДК 621.373.826

ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЛЕКЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ СО-ЛАЗЕРА ПАРАМИ ВОДЫ И ПОГЛОЩЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ РАБОЧИМ ГАЗОМ В НЕАКТИВНЫХ ЗОНАХ ОПТИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА

© Авторы, 2017

А.П. Минеев кандидат физико-математических наук, доцент,
зам. директора – зав. лабораторией, ФГБУН ИОФ им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва
E-mail: Mineev@kapella.gpi.ru

С.М. Нефедов

старший научный сотрудник, ФГБУН ИОФ им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва

П.П. Пашинин доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН,
главный научный сотрудник, ФГБУН ИОФ им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва

П.А. Гончаров кандидат технических наук,

старший научный сотрудник, ФГБУН ИОФ им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва

В.В. Киселев кандидат физико-математических наук,

старший научный сотрудник, ФГБУН ИОФ им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва

П.А. Дроздов кандидат технических наук,

зам. начальника СКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

Приводятся результаты исследования селекции линий генерации СО-лазера с устойчивым резонатором и возбуждаемого разрядом постоянного тока с помощью внутрирезонаторной кюветы с парами воды при атмосферном давлении. Выделены линии генерации, интенсивность которых увеличилась в несколько раз при общем сокращении количества линий излучения. При этом для линии 5 402 нм с наибольшей интенсивностью достигнуто увеличение мощности более чем на порядок. В планарном СО-лазере с ВЧ-накачкой исследовано поглощение когерентного излучения рабочим газом в неактивной зоне внутри устойчивого оптического резонатора, что моделировалось установкой дополнительной пары неохлаждаемых электродов с независимым ВЧ подключением. Возбуждение разряда между ними приводило к возникновению временного поглощения излучения и уменьшению выходной мощности лазера до 50%. Поглощения излучения и уменьшения лазерной мощности в случае отсутствия разряда между дополнительными электродами не наблюдалось.

Ключевые слова: СО-лазер, селекция линий генерации, разряд, оптический резонатор.

This article comprises the research results of CO-laser oscillating lines selection. CO-laser was equipped with stable resonator and was pumped by direct current discharge with the use of intracavity cuvet contained water vapor at atmospheric pressure. Oscillating lines, characterized by intensity increasing in several times when total number of lines decreases, were separated. Then for line with wavelength 5402 nm and maximum intensity the power increases by more than an order of magnitude. In the case of planar radio frequency (RF) pumped CO-laser the coherent radiation adsorption by actuation gas was researched in inactive zone inside stable optical resonator. This process was simulated by installing of additional uncooled electrode couple with independent HF connection. Discharge inception between electrodes led to temporary radiation adsorption and output power decrease to 50%. Radiation adsorption and laser power decreasing were not appeared in the case of discharge absence between additional electrodes.

Keywords: CO-laser, oscillating lines selection, discharge, optical resonator.

Проведены исследования в области селекции излучения СО-лазера с помощью паров воды. Показано, что подбирая температуру воды во внутрирезонаторной селективной пароводяной кювете, можно выделять линии генерации, интенсивность которых **увеличена** по сравнению со случаем, когда кювета с водой в резонаторе отсутствует. Данные линии генерации СО-лазера не перекрываются с линиями поглощения воды и поэтому могут быть использованы для практического применения при работе на открытых трассах в атмосферных условиях. Проведены исследования в области поглощения излучения СО-лазера рабочим газом в неактивных зонах резонатора. Поглощения излучения СО-лазера во внутрирезонаторной ячейке с холодными газами (давление до 1 атм) **не отмечено**. Лазерное излучение, прохо-

дующее через промежуток между неохлаждаемыми электродами без разряда, не поглощалось. Возбуждение разряда между неохлаждаемыми электродами приводило к возникновению **временного поглощения**, обусловленного появлением населенности на уровнях резонансных с излучением СО-лазера. Уменьшение выходной мощности СО-лазера составляло до 50%. При длительной работе СО-лазера возникала и противоположная ситуация - при включении разряда между неохлаждаемыми электродами мощность лазера возрастала (согласованная работа двух разрядных промежутков), пока не наступал перегрев рабочей смеси газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алейников В.С., Масычев В.И. Лазеры на окиси углерода. – Москва, Радио и связь, 1990.
2. Лоткова Э.Н., Писаренко В.В., Соболев Н.Н. ЖПС. – 1975, т.23. – С.988.
3. Басов Н.Г., Казакевич В.С., Ковш И.Б., Лыткин А.П. Кв. электроника. – 1983, т.10, №6. – С.1121.
4. Ораевский А.Н., Проценко И.Е. Квантовая электроника. – 1985, т.12. – С.2290.
5. Ананьев В.Ю., Данилычев В. А., Ионин А. А. и др. Квантовая электроника. – 1987, т.14. – С.2018.
6. Rich J.W., Bergman R.C. Chem. Phys. – 1979, vol.44. – С.53.
7. Шмелев В.М., Марголин А.Д. Квантовая электроника. – 1987, т.14, №9. – С.1857.
8. Flament C., George T., Meister K.A., Tufts J.C., Rich J.W. Chemical Physics. –1992, vol.163. – С.241–262.
9. Шмелев В.М., Марголин А.Д. Химическая физика. – 1983, т.2. – С.1480.

RESEARCH OF CO-LASER RADIATION SELECTION BY WATER VAPOR AND RADIATION ADSORPTION BY ACTUATION GAS IN INACTIVE ZONES OF OPTICAL RESONATOR

A.P. Mineev, S.M. Nefedov, P.P. Pashinin, P.A. Goncharov, V.V. Kiselev, P.A. Drozdov

CO-laser radiation selection research was conducted by means water vapor. It was shown that water temperature fitting in intracavity selective steam-water cuvet allows to separate oscillating lines with increased intensity in comparison with case of water absence in resonator. The CO-laser oscillating lines are not overlap with water adsorption lines and can be used in practice if operating at unobstructed paths at atmospheric conditions. The article comprises the research of CO-laser radiation adsorption by actuation gas in resonator inactive zones. CO-laser radiation adsorption in intracavity cell with cold gas (pressure up to 1 atm) was not registered. Laser radiation propagated through space between uncooled electrodes without discharge was not adsorbed. Discharge initiation between uncooled electrodes led to temporary adsorption due to population appearance in levels resonated to CO-laser radiation. CO-laser output power decreasing reached up to 50 %. In the case of continuous working of CO-laser it was registered the reversed situation – with discharge initiating between uncooled electrodes the laser power increased (coordinated work of two discharge spaces) until the working gas mixture overheats.

Поступила 10 июля 2017 года.

ПОМЕХИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ ПЕЛЕНГАЦИИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ НОСИТЕЛЯ

© Авторы, 2017

М.С. Рябokonь

инженер-конструктор, ПАО «НПП Импульс», г. Москва

E-mail: riabokonmaks@yandex.ru

А.Е. Ластовецкий кандидат технических наук,

начальник отделения СКБ, ПАО «НПП Импульс», г. Москва

В.Б. Сучков доктор технических наук, профессор,

преподаватель, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Исследовано влияние на работу системы электростатической пеленгации модуляционных помех, обусловленных изменением параметров конструкции носителя в процессе полёта. Предложена методика оценки модуляционных помех при упругой деформации корпуса носителя и при повороте рулевых поверхностей в сопоставлении с ожидаемыми уровнями сигнала. Сделаны выводы о влиянии места расположения системы электростатической пеленгации на поверхности воздушного объекта и его параметров на уровень модуляционных помех.

Ключевые слова: электростатический пеленгатор, системы ближней локации, датчики электрического поля, электрическая модель.

Influence of electrostatic range-finding of modulation distortions, stipulated by parameters change of carrier structure during flight was researched. The estimation technique of modulation distortions at elastic strain of carrier airframe and at control surfaces turning in comparison with expected signal levels was proposed. It was drawn a conclusion on influence of electrostatic range-finding system position on surface of aerial object and its parameters on modulation distortions level.

Keywords: electrostatic direction finding station, close range-finding systems, electric field sensor, electric model.

Для задач ближней локации все большее применение находят системы электростатической пеленгации. Существенное влияние на работу электростатического пеленгатора (ЭСП) могут оказывать модуляционные помехи, обусловленные изменением параметров конструкции базового объекта (носителя ЭСП) в процессе полёта: поворотом рулевых поверхностей, упругой деформацией корпуса и другими нарушениями симметрии базового объекта (БО).

В процессе полета БО приобретает собственный электрический заряд. С помощью дифференциального (балансного) включения пар конструктивно-симметричных датчиков электрического поля (ДЭП) ЭСП выделяется сигнал, равный разности зарядов на ДЭП (с соответствующими коэффициентами пропорциональности, определяемыми формой БО). При этом синфазные сигналы, обусловленные собственным зарядом БО на ДЭП, могут быть скомпенсированы, а сигналы от цели усилены.

Любое изменение формы БО приводит к нарушению условия компенсации зарядов ДЭП от БО, а поскольку заряд ДЭП, обусловленный собственным зарядом БО, может существенно превышать заряды, индуцированные полем цели, то появляется модуляционная помеха – модуляция собственных зарядов ДЭП за счёт изменения формы БО, величину которой и требуется оценить.

На основе моделирования, проведённого для БО в условиях динамических перегрузок и при повороте рулевых поверхностей можно сделать следующие выводы: амплитуда напряжённости эквивалентного помехового поля, обусловленная упругой деформацией корпуса БО, пропорциональна углу между осями соседних отсеков БО α ($\alpha < 10^\circ$); уровень модуляционных помех зависит от места размещения ДЭП на поверхности БО; уровень модуляционных помех может значительно превышать уровень естественных атмосферных помех (5–10 В/м) и ограничивать дальность действия ЭСП; БО меньшего диаметра могут обеспечивать большие дальности действия ЭСП в силу меньшего собственного заряда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ластовецкий А.Е. Близняя электростатическая пеленгация воздушных объектов // Вестник Концерна ПВО «Алмаз-Антей». – 2014, №1. – С.35–40.
2. Ластовецкий А.Е. Приближенный аналитический расчёт распределения заряда по поверхности металлического объекта и сигналов электростатических датчиков // Оборонная техника. – 2009, № 6–7. – С.24–32.
3. Ластовецкий А.Е. Моделирование электростатических полей аэродинамических объектов в задачах ближней локализации // Оборонная техника. – 2009, № 6–7. – С.17–24.
4. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1983. – 463 с.
5. Ластовецкий А.Е., Клепка С.П., Рябоконь М.С. Дистанционное измерение электрических зарядов воздушных объектов // Вестник Концерна ПВО «Алмаз-Антей». – 2015, №3. – С. 68–78.

DISTORTIONS IN ELECTROSTATIC RANGE-FINDING SYSTEMS AT DYNAMIC PARAMETERS CHANGES OF CARRIER STRUCTURE

M.S. Ryabokon, A.E. Lastoveckiy, V.B. Suchkov

The electrostatic range-finding systems have been more intensively used for close range-finding missions. Modulation distortions can create considerable influence on operation of electrostatic direction finding station (ESD) that is stipulated by parameters change of base object (ESD carrier) structure during flight: by control surfaces turning, airframe elastic strain and other symmetry breaking of base object (BO).

The BO acquires its own electrical charge during the flight. Via differential (balance) pair inclusion of ESD structural-symmetrical electric field sensors (EFS) the signal extracted which equals to charge difference on EFS (with corresponding proportionality coefficients, determined by BO form). Herewith, in-phase signals, stipulated by its own BO charge on EFS, can be compensated and signals from the target are enhanced.

Any BO form change leads to violation of charge compensation conditions of EFS from BO, and as far the EFS charge, stipulated by its own BO charge, can considerably increase charges, field-induced targets, than modulation distortion emerges – modulation of self-charges of EFS through BO form change, the size of which is required to estimate.

Based on modeling conducted for BO in conditions of dynamic overload and at control surfaces turning, the following conclusion can be drawn: the tension amplitude of equivalent interfering field, stipulated by elastic strain of BO body, is proportional to the angle between axis of neighboring BO sections α ($\alpha < 10^\circ$); modulation distortions level depends on EFS deployment position on BO surface; modulation distortions level can considerably increase the level of natural atmospheric disturbance (5-10 V/m) and limit the ESD range coverage due to smaller self-charge.

Поступила 17 августа 2017 года.

УДК 629.7.05:623.746.519

БОРТОВАЯ АВТОМАТИКА: КЛЮЧЕВОЙ КОМПОНЕНТ ВОЗДУШНОЙ МИШЕНИ

© Авторы, 2017

Е.К. Царев

начальник лабораторного сектора, АО «КБПА», г. Саратов

E-mail: tcarev.e.k@kbpa.ru

О.В. Бисенов кандидат технических наук,

начальник лабораторного сектора, АО «КБПА», г. Саратов

E-mail: bisenov@kbpa.ru

И.В. Сергушов

первый зам. генерального директора – главный конструктор, АО «КБПА», г. Саратов

E-mail: sergushov.i.v@kbpa.ru

Рассматривается концепция построения бортовой автоматике воздушной мишени, разработанная на основе опыта АО «КБПА», по созданию мишеней на базе самолётов и ракет типа МиГ-21, L-29, РМ-75. Представлены современное оборудование для автоматике воздушной мишени и принципы проектирования алгоритмов управления режимами полёта.

Ключевые слова: воздушная мишень, беспилотный летательный аппарат, система автоматического управления, автоматика воздушной мишени, переоборудованные в мишень самолёты, переоборудованные в мишень ракеты.

The article examines the conception of aerial target onboard automatic controls arrangement, developed on the base of JSC «KBPA» (Design Bureau of industrial Automation) experience on development of aerial targets on the base aircraft and missiles of MiG-21 type and L-29, PM-75 types. The modern equipment for aerial target automatic controls and design principles of flight modes control algorithm were performed.

Keywords: aerial target, unmanned aerial vehicle, automatic control system, aerial target automatic controls, converted target-aircraft, converted target-missile.

Задача создания воздушных мишеней на базе имеющейся боевой авиационной и ракетной техники является актуальной. В частности, в США создана мишень на базе самолёта F-16, планируемая к поставкам серий свyше 200 самолётов до 2022 года. На основе опыта АО «КБПА» рассматриваются подходы к построению бортовой автоматике воздушных мишеней на базе самолётов и ракет типа МиГ-21, L-29, РМ-75 и др. Представлена концепция построения автоматике воздушных мишеней и сформулированы базисные требования к её реализации: 1) тождественность имитируемым средствам нападения; 2) относительная дешевизна; 3) точность выполнения режимов полёта, 4) надёжность и удобство в эксплуатации. Показаны реальные образцы оборудования разработки КБПА, предназначенные для воздушных мишеней. Рассмотрены аспекты реализации автоматических режимов полёта воздушной мишени: взлёт с ВПП (или старт с пусковой установки) и посадка, набор высоты со стабилизацией заданной приборной скорости, выполнение манёвров и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Colucci F.** Target acquired // *Aerospace testing international*. – June, 2014. – P.55–58.
2. **Терентьев В.М., Ширяева М.Ю.** Исследование траекторного управления посадкой дистанционного пилотируемого летательного аппарата по-самолётному // *Авиакосмическое приборостроение*. 2012, №3. – С.21–28.

ONBOARD AUTOMATIC CONTROLS: KEY COMPONENT OF AERIAL TARGET

E.K. Tscarev, O.V. Bisenov, I.V. Sergushov

Object to construct aerial targets on the base of available combat air and missile materiel is a relevant one. Particularly, the target on the base of F-16 aircraft was constructed in the USA, with plan of serial delivery of more than 200 items before 2020. Based on JSC «KBPA» experience the approaches to construct onboard automatic controls of aerial targets on the base of aircraft and missiles of MiG-21, L-29, PM-75 type etc. are examined. The conception of aerial target onboard automatic controls arrangement are performed and basic requirements to its implementation are formulated: 1) identity to simulated assault systems; 2) relative low price; 3) accuracy in performing of flight modes; 4) reliability and operation convenience. The real equipment samples of the «KBPA» development intended for aerial targets. The aspects of automatic flight modes realization of aerial target are examined: take-off from runaway (or start from launcher) and landing, climbing with stabilization of predetermined indicated speed, maneuvering etc.

Поступила 10 июля 2017 года.

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПОЛНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ОБЪЕКТА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИЕЙ С ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКОЙ С УЧЁТОМ ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ

© Авторы, 2017

Е.А. Яскин

адъюнкт, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль

E-mail: yaskin86@mail.ru

А.Е. Полуниин кандидат технических наук,
доцент кафедры РТС, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль

Предложена методика априорного расчёта полной вероятности обнаружения в заданном поисковом секторе для следящей радиолокационной станции (РЛС) с фазированной антенной решёткой (ФАР), реализующей последовательный дискретный одноэтапный поиск высокоскоростного движущегося объекта с вероятностным характером обнаружения. Приведён пример расчёта полной вероятности обнаружения гиперзвукового летательного аппарата (ГЗЛА) в секторе допояска.

Ключевые слова: дискретный поиск, сектор допояска, вектор состояния, следящая РЛС, высокоскоростной объект, ГЗЛА, полная вероятность обнаружения, вероятность пропуска.

The methodology of priori computation of overall detection probability (miss probability) of a target in predetermined search sector for tracking radar with phased antenna array (PAA), performing sequence discrete single-stage searching of high-speed moving object with probabilistic nature of detection was proposed. Calculation example of overall detection probability of Hypersonic Cruise Vehicle (HCV) in aftersearch sector was cited.

Keywords: discrete search, aftersearch sector, state vector, tracking radar, miss probability.

В статье рассмотрена следующая радиолокационная задача: обзорная РЛС обнаруживает цель в некоторой области пространства и выдает данные о параметрах ее движения (вектор состояния), после чего в процесс поиска включается следящая РЛС с фазированной антенной решеткой, целенаправленно обследующая эту область с целью обнаружения в ней искомого объекта, уточнения его координат, дальнейшего сопровождения и возможного управления оружием. Фазированная антенная решетка при этом последовательно сканирует заданную область пространства по строкам и столбцам узким лучом диаграммы направленности.

В случае появления цели, обладающей значительными угловыми перемещениями, возникает проблема, связанная со временем просмотра сектора, в течение которого цель может существенно изменить свое пространственное положение. При этом вероятностные характеристики нахождения цели в зоне наблюдения ухудшаются.

Показано, что при скорости движения цели больше 1000 м/с вероятность пропуска цели становится недопустимо большой (для выбранных параметров сектора).

Предложено использование приращений в траектории сканирования диаграммы направленности, пропорциональных составляющим вектора скорости по соответствующим координатам (азимуту и углу места), то есть экстраполяция пространственного положения лучей диаграммы направленности на основании оценки вектора состояния. Это позволило существенно снизить вероятность пропуска цели, при больших скоростях ее полета, особенно на малых и средних дальностях.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Верба В.С.** Авиационный комплекс радиолокационного дозора и наведения в системе перехвата гиперзвуковых объектов // Радиотехника. – 2014, № 5. – С.26–31.
2. **Верба В.С., Меркулов В.И.** Проблемы разработки системы перехвата гиперзвуковых целей // Радиотехника. – 2015, № 4. – С.32–37.
3. **Абчук В.А., Суздаль В.Г.** Поиск объектов. – М.: Советское радио, 1977. – 336 с.

4. **Васин В.А., Власов И.Б., Егоров Ю.М. и др.** Информационные технологии в радиотехнических системах: Учебное пособие / под ред. И.Б. Федорова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 672 с.
5. **Вентцель Е.С.** Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
6. **Абдыманап уулу А., Беседин В.М.** Оценка вероятности обнаружения в задаче пространственного поиска движущегося объекта // Труды XVI Международного научно-технического семинара «Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации», сентябрь 2007, Алушта. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. – С.288.

CALCULATION METHODOLOGY OF OVERALL DETECTION PROBABILITY OF HIGH-SPEED OBJECT BY PAA RADAR CONSIDERING STATE VECTOR

E.A. Yaskin, A.E. Polunin

The article states the following radar problem: surveillance radar detects a target in some airspace area and acquires a data on parameters of its movement (state vector), after it the tracking radar with PAA is involved in searching process which intentionally search this area in order to detect desired target, update target coordinates, further tracking and possible weapon control. Herein the PAA sequentially scans the predetermined space area in rows and columns by narrow beam of directional pattern.

In case of target emergence, having significant angular movements, the problem arises connected with sector scanning time during which a target can significantly change its spatial position. Herewith the probabilistic characteristics of target presence in surveillance zone degrade.

It's shown that at target moving speed of more than 1000 m/sec the target miss probability becomes intolerably large (for selected sector parameters).

The use of increment in scanning trajectory of directional pattern which are proportional to velocity vector components according to corresponding coordinates (azimuth and elevation angle), i.e. extrapolation of directional pattern beams spatial position based on state vector estimation was proposed. This permitted to substantively decrease the target miss probability, at high-speed flight, especially at short and medium ranges.

Поступила 29 июня 2017 года.

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.396.965

ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОЧИХ МЕСТ ПУНКТА БОЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗРК СРЕДНЕЙ ДАЛЬНОСТИ

© Авторы, 2017

П.Е. Дасюк

начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

И.И. Добрякова

зам. начальника СКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

Л.П. Козлова

зам. начальника отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

Е.В. Никишин

зам. начальника СКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

Рассматриваются вопросы программно-алгоритмического обеспечения рабочих мест пункта боевого управления ЗРК, необходимого для управления средствами ЗРК и работой ЗРК в целом. Определяются задачи каждого рабочего места, описывается технология разработки программного обеспечения компьютеров рабочих мест. Демонстрируется графический интерфейс рабочих мест операторов пункта боевого управления ЗРК средней дальности.

Ключевые слова: зенитно-ракетный комплекс средней дальности, пункт боевого управления, рабочее место, графический интерфейс.

The software tools support issues of working places at AMDS combat control post (CCP) are examined which is necessary to control AMDS components and AMDS operation as a whole. Missions for each working place are defined, the working places computers software development technology is described. The graphic interface of operators working places at AMDS CCP is performed.

Keywords: medium-range air defense missile complex, combat control post, working place, graphic interface.

В состав перспективной ЗРК средней дальности входят следующие основные средства: пункт боевого управления (ПБУ), многофункциональные радиолокаторы (МФР) и пусковые установки (ПУ). Работа средств ЗРК осуществляется под управлением ПБУ операторами ПБУ в автоматическом и полуавтоматическом режимах.

Работу операторов ПБУ обеспечивают рабочие места операторов (РМО):

рабочее место оператора управления (РМОУ);

рабочее место командира (РМК);

рабочее место оператора пуска (РМОП).

Все РМО унифицированы по аппаратуре и состоят из двух экранов (верхнего и нижнего) и сенсорной панели. Рабочие места ПБУ обеспечивают дистанционный контроль работы и состояния средств. Ввиду соблюдения основных принципов по разработке единообразного графического интерфейса, а также унификации средств управления, программно-алгоритмическое обеспечение каждого рабочего места ПБУ было разработано в соответствии с представленной в данном докладе архитектурой.

Архитектура программно-алгоритмического обеспечения включает в себя модуль интерфейса пользователя, модуль обработки информации, модуль обмена информацией.

Определены задачи рабочих мест операторов пункта боевого управления перспективного ЗРК средней дальности. Графический интерфейс рабочих мест обеспечивает интеллектуальную поддержку принятия решений оператором при выполнении операций в ручном режиме управления. Реализованные в программно-алгоритмическом обеспечении РМО алгоритмы интеллектуальной поддержки используют рекомендации, вырабатываемые управляющим компьютером ПБУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство *Microsoft* по проектированию архитектуры приложений. – *Microsoft*, 2009.
2. Купер А., Рейман Р., Кронин Д. Интерфейс. Основы проектирования взаимодействия. – СПб.: Питер, 2016. – 720 с.
3. Горский Д.А., Добрякова И.И., Никишин Е.В. Графический интерфейс оператора управления многофункциональными радиолокаторами // Сборник тезисов докладов научно-технической конференции молодых учёных и специалистов. – Москва, ОАО ГСКБ «Алмаз-Антей», 2014.

SOFTWARE-ALGORITHMIC SUPPORT OF WORKING PLACES AT COMBAT CONTROL POST OF MEDIUM-RANGE ADMS

P.E. Dasyuk, I.I. Dobryakova, L.P. Kozlova, E.V. Nikishin

Advanced medium-range AMDS comprises of the following main components: combat control post (CCP), multifunctional radars (MFR) and launching systems (LS). The operation of ADMS components is carried out under CCP control by CCP operators in automatic and semiautomatic modes.

The CCP operator's performance is provided by operator's working places (OWP):

- control operator workstation (COWS);
- commander workstation (CWS);
- launch operator workstation (LOWS).

All OWPs are unified in equipment and consist of two displays (upper and lower) and touchpad. The CCP working places provide remote control of operation and state of complex components. In view of adherence to main principles of uniform graphic interface development and commonality of controls, the software of each CCP working place was developed in accordance with architecture introduced in this article.

The software architecture includes user interface module, data processing module, data exchange module.

The advanced medium-range AMDS CCP operator's working places missions were defined. The graphic interface of working places provides intellectual support for operator decision-making during accomplishing of operations in manual control mode. The realized in software of all OWPs intellectual support algorithms use recommendations, generated by CCP administrative computer.

Поступила 10 июля 2017 года.

ИНТЕРВАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА НЕЙРОУПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫМИ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

© Авторы, 2017

В.Н. Пановский

ассистент кафедры «Математическая кибернетика», МАИ, г. Москва
E-mail: panovskiy.v@yandex.ru

А.В. Пантелеев доктор физико-математических наук, профессор,
зав. кафедрой «Математическая кибернетика», МАИ, г. Москва

В работе приведена техника синтеза оптимального управления нелинейными детерминированными динамическими системами в виде искусственной нейронной сети. Настройка используемого нейроуправления производится с помощью интервальных алгоритмов глобальной условной оптимизации. Эффективность предложенного подхода продемонстрирована на примере решения модельной прикладной задачи перехвата.

Ключевые слова: интервальный анализ, методы оптимизации, оптимальное управление, искусственные нейронные сети, задача перехвата.

The article states the optimal control synthesis (design) technique of nonlinear deterministic dynamic systems in form of artificial neural network. The used neural control adjustment is carried out via interval algorithms of global conditional optimization. The effectiveness of proposed approach is performed in example of model application interception problem solution.

Keywords: interval analysis, optimization methods, optimal control, artificial neural networks, interception problem.

Нейронные сети являются одной из наиболее широко используемых областей машинного обучения и искусственного интеллекта. Они применяются для решения прикладных задач различного рода: прогнозирования, кластеризации, распознавания образов, управления и многих других. Отличительной особенностью нейронных сетей является их способность к обобщению данных. Таким образом, будучи обученной на некотором множестве примеров, нейронная сеть сможет применить их к тем ситуациям, которые не были в обучающей выборке. Именно это свойство нейронных сетей является большим преимуществом при их использовании в роли контроллера различными классами динамических систем.

В качестве решаемой задачи предлагается классическая постановка задачи синтеза оптимального в среднем управления пучками траекторий при неполной информации о векторе состояния. Для решения указанной задачи предлагается свести задачу определения оптимальной структуры контроллера, который представлен в виде многослойной нейронной сети прямого распространения, к задаче нелинейного программирования, решение которой определяется с помощью интервальных алгоритмов оптимизации.

Предлагаемый в работе подход синтеза нейроуправления с помощью интервальных методов оптимизации был успешно апробирован при решении модельной прикладной задачи перехвата. Полученные данные будут использованы для дальнейшего изучения возможности совместного применения нейронных сетей в качестве контроллеров и интервальных методов обучения в качестве процедуры обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Haykin S.** *Neural Networks. A Comprehensive Foundation* – New Jersey: Pearson Education, 1999. – 823 p.
2. **Heaton J.** *Introduction to Neural Networks with C#* - St. Louis: Heaton Research, 2008. – 428 p.
3. **Пантелеев А.В., Бортокацкий А.С.** Теория управления в примерах и задачах – М.: Высшая школа, 2003. – 583 с.
4. **Jaulin L.** *Applied interval analysis* - London: Springer-Verlag, 2001. – 380 p.
5. **Hansen E., Walster G.** *Global optimization using interval analysis* – New York: Marcel Dekker, 2004. – 515 p.
6. **Пантелеев А.В., Пановский В.Н.** Применение обобщенного инверсного интервального метода глобальной условной оптимизации в задаче поиска оптимального программного управления // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, № 1(106). – 2016.

7. **Пановский В.Н.** Интервальный генетический алгоритм глобальной условной оптимизации // Успехи современной радиоэлектроники. – 2014, № 4. – С. 71–75.
8. **Пановский В.Н.** Прикладное применение интервального метода взрывов // Труды МАИ. – 2014, №73. – URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=48451>.
9. **Shneydor N.A.** *Missile guidance and pursuit. Kinematics, dynamics and control* – Cambridge: Woodhead Publishing, 1998. – 259 p.

SYNTHESIS INTERVAL METHODS OF NONLINEAR DETERMINISTIC DYNAMIC SYSTEMS NEURAL CONTROL

V.N. Panovskiy, A.V. Panteleev

Neural networks are one of the most widely used areas of computer-aided learning and artificial intelligence. It's implemented for application problems solution of different types: forecasting, clusterization, pattern recognition, control and more. The distinctive feature of neural networks is its ability to integration (generalization) data. Thereby, being learned on some dozens of examples, the neural network can apply it to those situations which weren't in learning sample. Exactly this feature of neural networks is a huge advantage during its implementation as controller of different dynamic systems classes.

As solving problem the classical synthesis problem statement of optimal in neutral trajectories beam control is suggested at incomplete information on state vector. To solve the mentioned problem it's proposed to convert the controller optimal structure determination problem, which is introduced in form of multilayer neural network of direct extension, to nonlinear programming problem, the solution of which is defined by using the interval optimization algorithms.

The proposed synthesis approach on neural control using the interval optimization methods was successfully tested during solution of modeling applied interception problem. The obtained data will be used for further study of mutual application possibility of neural networks as controllers and interval teaching methods as teach procedure.

Поступила 4 июля 2017 года.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

УДК 623.764

РАЗВИТИЕ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ И ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ КИТАЯ

© Авторы, 2017

С.В. Голубчиков кандидат технических наук,
начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: gsv_64@list.ru

Г.Б. Гуров кандидат технических наук,
начальник ОКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

М.В. Жестев кандидат технических наук,
первый зам. начальника ОКБ, НПО «Алмаз», г. Москва

В.И. Колесниченко доктор технических наук, профессор,
зам. начальника ОКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В.К. Новиков кандидат военных наук, доцент,
доцент кафедры, ВА РВСН им. Петра Великого, г. Балашиха, Московская обл.

Рассмотрены вопросы создания и развития систем противовоздушной и противоракетной обороны Китая. Раскрывается состав сил и средств наземного и морского базирования систем ПВО-ПРО Китая, планируемые возможности поражения баллистических и воздушных целей вероятного противника, перспективы развития.

Ключевые слова: противовоздушная оборона; противоракетная оборона; баллистическая цель; аэродинамическая цель; противоракета; радиолокационная станция.

The article states issues of development and evolving of China air and missile defense systems. The military equipment and personnel composition of China land and naval Air-Missile Defense systems, planning capabilities for engagement of potential enemy ballistic and aerial targets, prospects for further development are performed.

Keywords: air defense, missile defense, ballistic target, aerodynamic target, interceptor, radar station.

В современном мире достижение стратегических целей практически не представляется возможным без наличия и развития стратегических вооружений и средств защиты от них. На развёртывание национальной ПРО США Китай отвечает развитием средств преодоления ПРО, противоспутниковой системы и собственной системы противовоздушной и противоракетной обороны (ПВО-ПРО).

Китай разрабатывает «зонтик» ПВО-ПРО и с этой целью проводит испытания ракет-перехватчиков как частей системы ПВО-ПРО, которые могут сбивать ракеты и другие летательные средства на высоте до 80 километров. Для этого КНР разрабатывает и вводит в действие зенитные ракетные комплексы дальнего действия (до 200 км), средней дальности (до 40-50 км), малой дальности (до 15-20 км).

Китай создает и разворачивает собственную национальную систему ПВО-ПРО морского базирования, форсируя строительство новых надводных боевых кораблей.

Создавая свою противовоздушную и противоракетную оборону, Китай активно развивает свою систему ПВО-ПРО как возможную альтернативу противодействия ударам высокоточного оружия и баллистическим ракетам потенциального противника.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Храмчихин А.** Атака китайского авиапрома. Представления о низком качестве боевой техники Поднебесной давно устарели // Военно-промышленный курьер. – 2013, № 19 (487).
2. Китайский ЗРК HQ-9. Попытка «скрестить» C-300ПМУ и Patriot. – URL: <http://asian-defence.blogspot.com> (Дата обращения 31.01.2011).
3. URL: <http://rbase.new-factoria.ru/missile/wobb/hq-12/hq-12.shtml>.
4. URL: <http://rbase.new-factoria.ru/missile/wobb/hq16/hq16.shtml>.
5. Китай серьезно заинтересован в закупке российских ЗРС C-400 «Триумф». – Военный паритет, (Дата обращения 03.12.2010).
6. **Канов А., Лесков А.** Роль и место ЗРК ближнего действия в системе ПВО КНР // Зарубежное военное обозрение. – 2015, №12. – С.67–71.
7. **Гуров Г.Б., Голубчиков С.В., Жестев М.В., Колесниченко В.И.** Система ПРО морского базирования AEGIS как элемент глобальной системы противоракетной обороны США // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО Алмаз», 2017, №1 (13). – С.118–131.
8. **Голубчиков С.В.** Развитие стратегической составляющей ВМС и ПРО Китая // Морской сборник. – 2015, № 9 (2022). – С.61–68.
9. **Васильев В.А., Голубчиков С.В., Новиков В.К.** Основы противодействия перспективным системам противоракетной обороны противника. – М.: РВЧН, 2000. – 348 с.

CHINA AIR AND MISSILE DEFENSE DEVELOPMENT

S.V. Golubchikov, G.B. Gurov, M.V. Zhestev, V.I. Kolesnichenko, V.K. Novikov

The achievement of strategic goals in modern world without presence and development of strategic arms and protection against it is almost impossible. China responds to the US national missile defense system deployment via development of missile penetration aids, anti-satellite system and indigenous air and missile defense system (AMDS).

China develops «an umbrella» of AMDS and to this end conducts interceptor tests as components of AMDS which are capable to intercept missile and other flying objects at altitude up to 80 km. For this reason China develops and introduces long-range air missile defense complexes (up to 200 km), medium-range (up to 4050 km), short-range (up to 15–20 km).

China manufactures and deploys indigenous national sea-based AMDS, boosting manufacturing of surface combat ships.

Through deployment of its own air and missile defense system China actively develops the AMDS as possible alternative to counter potential enemy precision weapons and ballistic missiles strikes.

Поступила 1 ноября 2017 года.

УДК 531.55, 623.764

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕВЕРОКОРЕЙСКОЙ МЕЖКОНТИНЕНТАЛЬНОЙ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ РАКЕТЫ «ХВАНСОН-15» ПО ЕЁ ПРИМЕНЕНИЮ ПО ТЕРРИТОРИИ США

© Автор, 2017

Б.Н. Горевич доктор технических наук, профессор,
советник генерального конструктора, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: bngor2013@yandex.ru

Выполнен количественный анализ траекторных характеристик северокорейской МБР «Хвансон-15». Выбран соответствующий траектории испытательного запуска МБР временной профиль ускорений ракеты на активном участке траектории. Оценены возможности МБР по применению по территории США, а также возможности РЛС системы ПРО США Cobra Dane по своевременному обнаружению и сопровождению ракеты.

Ключевые слова: баллистическая ракета, радиолокационная станция, противоракетная оборона.

A quantitative analysis of the trajectory characteristics of the North Korean ICBM Khwanson-15 was carried out. The corresponding trajectory of the test launch of the ICBM is selected for the time profile of the rocket acceleration in the active part of the trajectory. The capabilities of ICBMs for use on the territory of the United States, as well as the capabilities of the US missile defense system Cobra Dane for the timely detection and conduct of the missile are estimated.

Keywords: ballistic missile, radar station, anti-missile defense.

В статье выполнен количественный анализ траекторных характеристик запущенной 29.11.2017 г. северокорейской МБР «Хвансон-15». Определен временной профиль ускорений ракеты, создаваемых на активном участке траектории, наиболее соответствующий известным данным о траектории ракеты в испытательном запуске. С использованием полученной функции ускорений оценены траекторные возможности МБР по применению по территории США. На основании полученных траекторий МБР оценены возможности РЛС передового базирования системы ПРО США Cobra Dane по своевременному обнаружению и сопровождению ракеты.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Павлюк Ю.С.** Баллистическое проектирование ракет: Учебное пособие для вузов. – Челябинск: Изд. ЧГТУ, 1996. – 92 с.
2. *Report of the American Physical Society Study Group on Boost-Phase Intercept Systems for National Missile Defense: Scientific and Technical Issues. – Published October 5, 2004.*

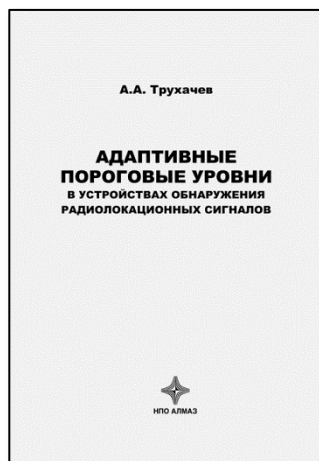
ANALYSIS OF THE CAPABILITIES OF THE NORTH KOREAN INTERCONTINENTAL BALLISTIC MISSILE «HWANSON-15» FOR ITS USE ON THE TERRITORY OF THE UNITED STATES

B.N. Gorevich

In the article, a quantitative analysis of the trajectory characteristics of the North Korean ICBM «Khwanson-15» launched on 29.11.2017 was carried out. The time profile of rocket accelerations created on the active part of the trajectory is determined, which most corresponds to the known data on the trajectory of the rocket in the test launch. Using the received function of accelerations, the trajectory capabilities of ICBMs for use in the US territory are estimated. Based on the obtained ICBM trajectories, the capabilities of the forward-based radar system of the US missile defense system Cobra Dane for timely detection and support of the missile are assessed.

Поступила 4 декабря 2017 года.

НАУЧНЫЕ РЕЦЕНЗИИ И ОТЗЫВЫ



Трухачев А.А. Адаптивные пороговые уровни в устройствах обнаружения радиолокационных сигналов. – М.: НПО «Алмаз», 2017. – 344 с.: ил.

Рецензенты: д-р техн. наук Зайцев Г.В., д-р техн. наук, профессор Парамонов А.А.

В книге излагаются вопросы применения адаптивных пороговых уровней, позволяющих осуществлять радиолокационный обзор при наличии пассивных помех. Представлены различные методы анализа характеристик обнаружения сигналов, когда в устройствах обнаружения используются адаптивные пороговые уровни. Материалы исследований характеристик обнаружения сигналов содержат результаты в виде таблиц и графиков.

В процессе исследований осуществляется сравнение эффективности различных способов формирования адаптивных пороговых уровней. Изложение ведётся применительно к радиолокаторам наземного базирования. Для научных работников и радиоинженеров, занимающихся проектированием радиолокационных станций, а также для аспирантов и студентов соответствующих специальностей.



Елшин Ю.М. ГРИФ-4. Информационно-программный комплекс расширения функционала САПР P-CAD 200x. Монография. – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017. – 496 с.: ил.

Рецензенты: д-р техн. наук, профессор Кашин В.А., д-р техн. наук, профессор Кофанов Ю.Н.

В современных условиях, с учётом развития достигнутых результатов использования информационных технологий в процессе проектирования сложных технических систем, на первый план выходят задачи построения современной эффективной САПР, которая обеспечит выполнение проектных работ и повышение эффективности этого важнейшего направления в проектировании перспективных образцов наукоёмкой техники.

В монографии рассмотрены принципы разработки адаптивной САПР для современного КБ электронных модулей. Обоснованы методология, состав программных средств для безошибочного выполнения проектов печатных плат различных типов и их всестороннего контроля, при высокой степени автоматизации этапа выпуска конструкторской документации в соответствии с требованиями отечественных ГОСТов. Развитие сетевых и информационных технологий позволяет получить решение этих задач.

Книга предназначена для широкого круга инженерно-технических специалистов, студентов и аспирантов технических вузов, занимающихся проектированием электронных устройств на базе печатных плат.

ПРАВИЛА ПО ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ В ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ»

1. Предоставляемые рукописи должны соответствовать тематике журнала, быть оригинальными, не опубликованными ранее в других печатных или электронных изданиях.

2. Статья, направленная в редакцию, должна содержать следующие материалы:

- сопроводительное письмо, подписанное руководством организации;
- акт экспертизы о возможности опубликования в открытой печати;
- заявление о передаче права на публикацию*;

***Заявление о передаче права на публикацию**

Я(Мы), нижеподписавшийся(иеся), _____ автор(ы) статьи
(ФИО автора, ФИО соавторов)

предоставляю(ем) ПАО «НПО «Алмаз» безвозмездную простую (неисключительную) лицензию на весь срок действия исключительного права для публикации как на языке оригинала, так и в виде перевода, полным текстом или его частью, тиражом, определяемым ПАО «НПО «Алмаз» как в печатном, так и в электронном виде за счёт ПАО «НПО «Алмаз».

Я(Мы) подтверждаю(ем), что данное произведение не нарушает интеллектуальных прав других лиц или организаций, а также не является плановой работой, созданной в научном учреждении или вузе в порядке выполнения служебного задания, не копирует содержание научных отчетов, подготовленных по основному месту работы автора(ов) и не содержит сведений, составляющих государственную тайну.

ПОДПИСЬ(И) АВТОРА(ОВ):	
(подпись) _____	паспорт серия _____ № _____
(ФИО) _____	выдан _____
« » _____ 201__ г.	дата выдачи _____
	дата рождения _____
	адрес регистрации _____

➤ в статье необходимо указать:

- соответствующий индекс универсальной десятичной классификации литературы (УДК);
- фамилии и инициалы авторов (на русском и английском языках);
- ученую степень, ученое звание, должность, место работы (ПОЛНОСТЬЮ!), e-mail;
- название статьи (на русском и английском языках);
- аннотацию (5–10 строк) (на русском и английском языках);
- ключевые слова (8–10 слов) (на русском и английском языках);
- реферат (краткое содержание статьи на русском и английском языках);
- список литературы (оформляется согласно ГОСТ Р 7.05-2008). Используемая автором литература приводится

после статьи в порядке упоминания. Ссылки на используемые источники в тексте указываются в квадратных скобках (например, [1]). Ссылки на Internet-ресурсы приводятся в общем списке литературы по автору или заглавию публикации с обязательным указанием адреса сайта, где эта публикация размещена.

➤ данные об авторах: фамилия, имя, отчество (ПОЛНОСТЬЮ!), телефон (служебный или домашний), адрес с индексом – **данная информация опубликована не будет.**

3. Рекомендованный объем авторской статьи до 22 страниц компьютерного текста (авторский лист) в программе *Word* (файл может быть записан на оптическом CD, DVD): размер шрифта – 12, гарнитура – *Times New Roman*, межстрочный интервал – 1,5, поля – 2 см со всех сторон, абзацный отступ – 0,75 см. Установленный размер бумаги – А4 210×290.

4. Формулы выполняются только в формульных редакторах *Math Type* или *Equation Editor*. Формулы следует нумеровать (по всей работе арабскими цифрами). Номер формулы заключают в круглые скобки у правого края страницы, а саму формулу выставляют по центру (например, (1)). В формулах **латинские буквы** следует набирать **курсивом**, а **греческие прописные** **прямо**. Векторы и матрицы следует набирать прямым жирным шрифтом; «е» в значении экспоненты – прямым светлым шрифтом. В индексах сокращения от русских и английских слов следует набирать прямым шрифтом.

5. Таблицы набирают тем же шрифтом, что и основной текст, но меньшего размера кегля (кегель 9, допускается снижение до 8 пункта). На каждую таблицу в тексте приводится ссылка. Слово «таблица» в тексте печатается сокращенно («табл.»), а над таблицей – полностью.

6. Иллюстрации (фотографии, рисунки, схемы, графики, диаграммы, карты) необходимо представлять только в виде черно-белых файлов. Иллюстрации включены в файл текста, но, помимо этого, они обязательно должны быть представлены отдельным файлом в формате *.TIFF или *.JPG с разрешением 300dpi. В тексте ссылки на иллюстрации нумеруются и сопровождаются подписями.

7. В тексте, таблицах и подрисовочных подписях не допускается сокращение слов (кроме общепринятых, ГОСТ 7.12-77).

8. Отсканированные версии таблиц и формул не допускаются.

9. Рукописи, в которых не соблюдены данные требования, **возвращаются авторам без рассмотрения.**

10. Авторы статей несут ответственность за полноту и достоверность цитируемой в них литературы.

11. За достоверность сведений, изложенных в публикациях, редакция и издатель ответственность не несут.

12. За публикацию материалов, содержащих закрытые сведения, авторы несут персональную ответственность на основании действующих законодательных актов.

13. За публикацию статей с авторов плата не взимается.

14. Научные статьи, получившие положительную рецензию, публикуются как правило, не позднее 6 месяцев с момента поступления рукописи в редакцию.

15. Материал высылать в адрес редакции:

125190, Москва, Ленинградский проспект, дом 80, корп. 16.
Тел.: 8-499-940-02-22 доб. 70-19, 79-06, e-mail: izd.group@gskb.ru.