

ВЕСТНИК

воздушно-космической обороны

Научно-технический рецензируемый журнал

Выпуск № 4 (4), 2014 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
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.В. Морозов, д-р техн. наук
В.С. Оконешников, 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
Е.М. Сухарев, 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: С.А. Лукина
Корректор: Н.С. Умникова
Компьютерная верстка: О.А. Пыхонина

☎ редакции (499) 940-02-22 доб. 70-19, 16-00
E-mail: aspirantura@gskb.ru

► Первая Всероссийская научно-техническая конференция «Расплетинские чтения»

Секция «Радиолокационные и радионавигационные системы»

Подсекция «Методы и аппаратура обработки сигналов»

- А.П. Доброжанский, Г.В. Зайцев, Д.М. Литвинов, И.Б. Цыпин**
Система генерации и обработки сигналов многофункционального радиолокатора 5
- Н.И. Авдеев, Г.В. Зайцев, Я.А. Стешенко, И.Б. Цыпин**
Устройство преобразования сигналов многофункционального радиолокатора 15
- А.П. Доброжанский, А.Б. Зазулина, Г.В. Зайцев**
Процессор обработки сигналов многофункционального радиолокатора 20
- А.А. Косин**
Новый способ обнаружения цели и борьбы с помехами в РЛС 29
- Н.М. Купцов**
Оценка стойкости радиоэлектронной аппаратуры к воздействию электромагнитного импульса, образованного молниевыми разрядами 32
- Д.М. Литвинов**
Система синхронизации и передачи управляющей информации многофункционального радиолокатора 36
- И.Ф. Лозовский**
Защита РЛС обзора от ложных тревог в зоне протяжённых по дальности пассивных помех 40
- И.Ф. Лозовский**
Повышение эффективности защиты РЛС обзора от точечных пассивных помех 45
- И.Ф. Лозовский**
Амплитудные методы подавления помех от точечных местных предметов в РЛС обзора 50

Вестник воздушно-космической обороны:
Научно-технический журнал/
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2014 г.
№ 4(4), С. 1–132

Подписано в печать 22.12.2014 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 7,2. Тираж 1000 экз.

Отпечатано в ООО «Галлея-Принт»
111024, г. Москва, ул. 5-я Кабельная 2Б

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-54081

Учредитель: Открытое акционерное общество
«Главное системное конструкторское бюро
Концерна ПВО «Алмаз-Антей»
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»

© ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2014

ISSN 2311-830X

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

П.А. Макаров, Е.Е. Колтышев, В.В. Мухин, Д.Ю. Сусликов
*Адаптивная пространственно-временная обработка сигнала
для селекции наземных движущихся целей в моноимпульсной РЛС.....*55

С.М. Макулов, С.Н. Жиганов
*Влияние закона изменения периодов следования зондирующих сигналов
на скоростную характеристику РЛС*68

В.О. Миллеров, А.Я. Стальной
*Универсальное устройство имитации радиолокационных сигналов
на основе платы цифровой обработки сигналов.....*73

В.С. Оконешников, А.В. Иванов, В.В. Иванов
*Сжатие составного ЛЧМ импульса в виде последовательности ЛЧМ
подимпульсов со ступенчатой ЧМ и случайной начальной фазой.....*78

С.Н. Филин, М.С. Баранова
*Цифровой формирователь сигналов многофункционального
радиолокатора*84

А.Д. Хзмалян
*Результаты моделирования оптимальной цифровой обработки
радиолокационного сигнала с учётом движения цели*91

В.А. Шаталова
*Адаптивный алгоритм совместного обнаружения и оценивания сигналов,
отражённых от низколетящих целей на фоне негауссовских помех.....*97

►Проблемные вопросы построения систем и средств ВКО

А.Р. Бестугин, С.Г. Пятко, А.Ю. Шатраков, Ю.Г. Шатраков
*Подготовка специалистов для радиотехнических разрабатывающих
предприятий воздушно-космического профиля.....*103

►Исследования в сфере проектно-конструкторских и технологических работ

А.Ю. Иванов, О.В. Панкова, А.П. Плясовских
*Использование искусственного интеллекта в тренажёрных системах
обучения руководству полётами на авиационных полигонах*108

►Прикладные задачи применения информационных технологий

И.А. Кирьянов
*Применение помехоустойчивого кодирования информации в глобальной
навигационной спутниковой системе GPS.....*113

И.А. Кирьянов
*Повышение вычислительной эффективности декодирования кодов
с малой плотностью проверок на чётность*120

С.А. Цурков
*Метод построения бортового информационного комплекса
летательных аппаратов для применения в системах
электронных полигонов в ВВС РФ*125

►Научные рецензии и отзывы.....130

CONTENTS

►The first all – Russia Scientific and Technical Conference «Raspletin Readings»

Section «Radar and Radio Navigation Systems»

Subsection «Methods and Signal Processing Equipment»

A.P. Dobrozhansky, G.V. Zaytsev, D.M. Litvinov, I.B. Tsipin <i>Signal generation-processing system of multifunction radar</i>	5
N.I. Avdeev, G.V. Zaytsev, J.A. Steshenko, I.B. Tsipin <i>Signal conversion unit of multifunction radar</i>	15
A.P. Dobrozhansky, A.B. Zazulina, G.V. Zaytsev <i>Digital signal processor of multifunction radar</i>	20
A.A. Kosin <i>A new method of target detection and antijamming in the radar</i>	29
N.M. Kuptsov <i>Evaluation of the resistance of electronic equipment to electromagnetic pulse, formed by the lightning digit</i>	32
D.M. Litvinov <i>The synchronizing and control data transferring system of the multipurpose radar</i>	36
I.F. Lozovskyi <i>Surveillance radar defense from false alarm in zone of extended by range clutter</i>	40
I.F. Lozovskyi <i>Efficiency improvement of radar defense from pointed clutter</i>	45
I.F. Lozovskyi <i>Amplitude methods for suppression of clutter from pointed local objects in surveillance radar</i>	50
P.A. Makarov, E.E. Koltyshev, V.V. Mukhin, D.Yu. Suslyakov <i>Adaptive space-time signal processing of the ground moving target indication in the monopulse radar</i>	55
S.M. Makulov, S.N. Zhiganov <i>Influence of the law change periods of probing signals at high-speed characteristics of radar</i>	68
V.O. Millerov, A.Ya. Ctalnoy <i>Universal radar signal imitation device based on digital signal processing board</i> ...	73
V.S. Okoneshnikov, A.V. Ivanov, V.V. Ivanov <i>Compression of compound LFM impulse in the form of sequence of LFM subimpulses with step FM and Random initial phase</i>	78
S.N. Filin, M.S. Baranova <i>Digital signal generator of the multifunctional radar</i>	84

A.D. Khzmalyan	
Results of modeling the optimal digital radar signal processing, with allowance for the target motion.....	91
V.A. Shatalova	
<i>The adaptive algorithm of the joint detection and estimation of the signals returned from the low-flying targets against non-gaussian noise.....</i>	97
► Problematic issues of system and means development of aerospace defense	
A.R. Bestugin, S.G. Pytko, A.Yu. Shatrakov, Yu.G. Shatrakov	
<i>Preparation specialists for developing radio engineering enterprises air and space defense</i>	103
► Research and development investigations	
A.U. Ivanov, O.A. Pankova, A.P. Plyasovskih	
<i>Use of artificial intelligence in training systems of fighting management on air firing ground</i>	108
► Application tasks of information technology employment	
I.A. Kirianov	
<i>Forward error correction in GPS system.....</i>	113
I.A. Kirianov	
<i>The methods for improve the computational efficiency of LDPC decoding.....</i>	120
C.A. Tsurkov	
<i>Design methods of aircraft on-board information systems in application to virtual training of the Russian Air Force</i>	125
► Scientific reviews and reviews.....	130

Полный список опубликованных статей, а также аннотаций к ним Вы найдете на нашем сайте
<http://raspletin.com>

ПЕРВАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «РАСПЛЕТИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

СЕКЦИЯ «РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ И РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»

ПОДСЕКЦИЯ «МЕТОДЫ И АППАРАТУРА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ»

УДК 621.396.96

СИСТЕМА ГЕНЕРАЦИИ И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАДИОЛОКАТОРА

© Авторы, 2014

А.П. Доброжанский,

зам. начальника научно-исследовательского отделения, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: dobrozhansky@inbox.ru

Г.В. Зайцев, доктор технических наук, старший научный сотрудник,

начальник научно-исследовательского отделения, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: gennady-zaytsev@yandex.ru

Д.М. Литвинов, начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

E-mail: litvinov_dmitry@inbox.ru

И.Б. Цыпин, кандидат технических наук,

зам. начальника научно-исследовательского отделения, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: ibtsypin@mail.ru

Описывается аппаратура генерации и обработки сигналов для экспортного варианта многофункционального радиолокатора. Аппаратура построена на основе цифровых методов с использованием комбинации программируемых логических интегральных схем и программируемых процессоров сигналов. На верхнем уровне иерархии систему можно рассматривать как макроконвейер задач с переменным тактом работы, как по обработке сигнала, так и по управлению. Описывается временная диаграмма работы системы. Мгновенный динамический диапазон аппаратуры при обработке типового квазинепрерывного сигнала составляет 103 дБ, уровень интермодуляционных составляющих не превосходит минус 95 дБ.

Ключевые слова: радиолокационные сигналы, цифровая обработка сигналов, архитектура вычислительных устройств.

In this paper we consider signal generation-processing system for export modification of multifunction radar. The equipment is designed on the basis of digital signal processing methods with wide usage of programmable signal processors and field programmable gate arrays. At the top hierarchy level the system may be considered as a macro-pipeline both for signal processing and for its control. The paper describes block diagram, timing diagram, and performance of the system. Instantaneous dynamic range of the equipment for typical pulse train processing amounts to 103 dB, intermodulation distortions is less than minus 95 dB.

Keywords: radar signals, digital signal processing, hardware structure.

Система генерации и обработки сигналов многофункционального радиолокатора (МФР) содержит следующие основные устройства: цифровой формирователь сигналов, устройство преобразования сигналов, устройство имитации и фильтрации сигналов, процессор обработки сигналов, устройство синхронизации и передачи управляющей информации. В работе описаны основные особенности МФР и вытекающие из них требования к системе генерации и обработки

сигналов. Целью разработки указанной системы, помимо получения аппаратуры для конкретной РЛС, являлось создание унифицированных узлов, допускающих использование при разработке других РЛС аналогичного назначения.

В работе обсуждены базовые принципы, на основании которых проводилась разработка. Все основные функции системы реализованы в цифровом виде с широким использованием программируемых процессоров сигналов для задач с изменяемыми алгоритмами и программируемых логических интегральных схем для задач с фиксированными алгоритмами. Система генерации и обработки сигналов реализует все функций по формированию сигналов и их обработке, которые можно выполнить в результате одного зондирования. Архитектура системы обеспечивает безинерционное переключение режимов работы и параметров аппаратуры в каждом зондировании без затрат времени радиолокатора. Для внешних интерфейсов аппаратуры используются стандартные каналы связи.

В работе приведена структурная схема системы. На верхнем уровне иерархии система представляет собой макроконвейер, как по обработке сигналов, так и по управлению. Дается временная диаграмма работы макроконвейера.

Описаны методы оценки параметров системы на комплексном испытательном моделирующем стенде, проиллюстрированы результаты обработки типовых зондирующих сигналов, приведены результаты оценки характеристик системы. Мгновенный динамический диапазон аппаратуры при обработке типового квазинепрерывного сигнала составляет 103 дБ, полный динамический диапазон с учетом регулировки усиления – 133 дБ, уровень интермодуляционных составляющих не превосходит минус 95 дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Цыпин И.Б.** Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Часть 1. Принципы разработки. Преобразование сигнала в цифровую форму // Цифровая обработка сигналов. – 2001, №4. – С.2–11.
2. **Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Цыпин И.Б.** Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Часть 2. Алгоритмы обработки радиолокационных сигналов // Цифровая обработка сигналов. – 2002, №1. – С.28–39.
3. **Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Сухарев Е.М., Цыпин И.Б.** Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Часть 3. Программируемый процессор сигналов // Цифровая обработка сигналов. – 2002, №2. – С.17–26.
4. **Зайцев Г.В.** Вычислительный макроконвейер с переменным тактом работы // Цифровая обработка сигналов. – 2006, №1. – С.38–44.

SIGNAL GENERATION-PROCESSING SYSTEM OF MULTIFUNCTION RADAR

A.P. Dobrozhansky, G.V. Zaytsev, D.M. Litvinov, I.B. Tsipin

Signal generation-processing system (SGPS) of multifunction radar (MFR) contains the following facilities: digital signal generator, unit for signal conversion to the digital form, imitation and filtering unit, programmable signal processor, control and synchronizing unit. The paper describes main MFR features and corresponding requirements to SGPS. Design purpose of this equipment, besides development of particular radar, was to get unified building blocks of hardware to be used in similar radars.

Basic design principles are discussed in the paper. The SGPS is designed on the basis of digital signal processing methods with wide usage of field programmable gate arrays and programmable signal processors. The SGPS performs all the problems of signal generation and processing which may be solved in one probing radar cycle. The architecture of the system provides switching of work modes without radar time expenditure and minimizes time delay in results calculation. Standard communication channels and load-carrying structures are used in the system.

Block diagram of the system is described. At the top hierarchy level the system may be considered as a macro-pipeline both for signal processing and for its control. The paper describes timing diagram of pipeline operation.

Performance test of the system has been executed. The paper describes experimental techniques of parameters estimation, gives radar display images for typical waveforms, and presents main measurement results. Instantaneous dynamic range of the equipment for typical pulse train processing amounts to 103 dB, intermodulation distortions is less than minus 95 dBFS.

УДК 621.396.96

УСТРОЙСТВО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАДИОЛОКАТОРА

© Авторы, 2014

Н.И. Авдеев, начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: finn_vvv@mail.ru

Г.В. Зайцев, доктор технических наук, старший научный сотрудник,
начальник научно-исследовательского отделения, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: gennady-zaytsev@yandex.ru

Я.А. Стешенко, ведущий инженер, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: finn_vvv@mail.ru

И.Б. Цыпин, кандидат технических наук,
зам. начальника научно-исследовательского отделения, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: ibtsypin@mail.ru

Обсуждаются результаты разработки устройства преобразования сигналов (УПС) для экспортного варианта многофункционального радиолокатора (МФР). УПС входит в состав системы обработки сигналов и своими параметрами определяет её чувствительность и динамический диапазон. Рассматривается структура, проблемы реализации устройства, приводятся его основные характеристики.

Ключевые слова: аналого-цифровое преобразование, динамический диапазон, линейность, шумы.

We discuss design results of signal conversion equipment for export modification of multifunction radar. The equipment is a part of signal generation and processing system. Its parameters determine sensitivity and dynamic range of the system. The paper describes block-diagram, performance, and design problems of the equipment.

Keywords: analog-to-digital conversion, dynamic range, linearity, noise.

Представлены результаты разработки широкополосного устройства преобразования сигналов (УПС) многофункционального радиолокатора. УПС входит в состав системы обработки сигналов и своими параметрами определяет её чувствительность и динамический диапазон. Устройство содержит восемь идентичных каналов обработки на промежуточной частоте, в каждом из которых решаются следующие задачи: коммутация входных и контрольных сигналов; усиление с возможностью его регулировки по командной информации; формирование полосы частот обработки и аналого-цифровое преобразование сигналов.

Обсуждается структурная схема УПС, обосновывается выбор элементной базы с учетом диапазона частот, параметров линейности и шумовых характеристик. Аппаратура устройства реализована на базе стандартов евроконструктива.

Приводятся результаты экспериментальных исследований опытного образца УПС. Динамический диапазон выходного сигнала в полосе обработки – не менее 65 дБ. Уровень старшей интермодуляционной составляющей третьего порядка не превышает величины минус 95 дБ относительно несущей. Приведенное ко входу среднеквадратическое значение собственного шума устройства – не более 40 мкВ в полосе 10 МГц.

Приводятся рекомендации по использованию элементной базы устройства, оптимизации структурных, топологических и конструкторских решений при разработке аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Цыпин И.Б.** Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Часть 1. Принципы разработки. Преобразование сигнала в цифровую форму // Цифровая обработка сигналов. – 2001, №4. – С.2–11.
2. **Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Цыпин И.Б.** Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Часть 2. Алгоритмы обработки радиолокационных сигналов // Цифровая обработка сигналов. – 2002, №1. – С.28–39.
3. **Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Цыпин И.Б.** Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Часть 3. Программируемый процессор сигналов // Цифровая обработка сигналов. – 2002, №2. – С.17–26.

SIGNAL CONVERSION UNIT OF MULTIFUNCTION RADAR

N.I. Avdeev, G.V. Zaytsev, J.A. Steshenko, I.B. Tsipin

We discuss design results of the broadband signal conversion unit (SCU) for multifunction radar. The unit is a part of signal generation-processing system. Parameters of the unit determine sensitivity and dynamic range of the system. SCU contains eight identical processing channels at intermediate frequency. Each channel performs the following tasks: switching of input and test signals, controlled amplification under command information, selection of the necessary frequency band for further processing, and analog-digital conversion.

The paper gives SCU block diagram and discusses the choice of integrated circuits taking into account the frequency range, parameters of linearity, and noise characteristics. Mechanical construction of the unit is realized on the basis of eurostandards.

Results of SCU performance measurements are presented. Instantaneous dynamic range of the output signal for the processing band is no less than 65 dB. The third-order intermodulation distortion does not exceed minus 95 dBc. Root-mean-square value of input-referred own noise is at most 40 μ V in the frequency band 10 MHz.

Design recommendations on the use of integrated circuits and optimization of structural, topological, and design decisions are given.

ПРОЦЕССОР ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАДИОЛОКАТОРА

© Авторы, 2014

А.П. Доброжанский,

зам. начальника научно-исследовательского отделения, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: dobrozhansky@inbox.ru

А.Б. Зазулина, начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: alla_z@rambler.ru

Г.В. Зайцев, доктор технических наук, старший научный сотрудник,
начальник научно-исследовательского отделения, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: gennady-zaytsev@yandex.ru

Рассматривается многопроцессорное программируемое устройство цифровой обработки сигналов с производительностью более 100 Гфлоп/с. Устройство предназначено для решения радиолокационных и связанных задач в наземных мобильных многофункциональных моноимпульсных радиолокаторах (МФР).

Ключевые слова: многофункциональный радиолокатор, процессор обработки сигналов.

Multiprocessing programmable unit for digital signal processing is considered. The unit has throughput more than 100 GFLOPS and is intended for radar and communication signals processing in multifunction ground-based monopulse radars (MFR).

Keywords: multifunction radar, digital signal processor.

Рассматривается процессор обработки сигналов (ПОС), представляющий из себя многопроцессорное программируемое устройство для использования в наземных мобильных многофункциональных моноимпульсных радиолокаторах.

Устройство используется для обработки сигналов в радиолокационных и связанных задачах. Традиционными радиолокационными задачами являются оптимальная фильтрация сигналов в заданной области координат, обнаружение полезных сигналов по результатам фильтрации, измерение параметров обнаруженных сигналов, вычисление сигналов ошибок для сопровождаемых объектов. При решении связанных задач устройство выполняет алгоритмы синхронизации приема, компенсации доплеровского сдвига, демодуляции, декодирования для используемых избыточных кодов и CRC-проверку. Дополнительно на отдельных процессорных модулях выполняется цифровая автокомпенсация помех по боковым лепесткам диаграммы направленности. Общее количество разновидностей обрабатываемых сигналов достигает нескольких сотен.

Показано, что при современном уровне развития элементной базы, устройство для решения перечисленных задач в реальном масштабе времени, должно быть многопроцессорным. Приведена оценка относительного вклада различных алгоритмов обработки сигналов в общую необходимую производительность устройства. На основании указанной оценки сформулированы общие принципы построения ПОС и распараллеливания операций. Обоснована оптимальная архитектура ПОС в виде параллельной структуры из одинаковых процессорных элементов с конвейерной обработкой последовательно поступающих задач и совмещением операций вычислений и ввода-вывода информации.

Проведено сравнение между двумя фундаментальными подходами к разработке ПОС – использование БИС сигнальных процессоров или ПЛИС в качестве основного вычислительного средства. Для рассматриваемых применений с большим разнообразием задач и алгоритмов, архитектура, основанная на применении БИС сигнальных процессоров, имеет ряд преимуществ, а ПЛИС целесообразно использовать для реализации алгоритмов, не требующих гибкости и глубокой модернизации в процессе проведения испытаний.

Разработанное устройство имеет производительность более 100 GFLOPS и выполнено в виде стандартного блока Евромеханика 19" с использованием модулей формата 6U. Основным элементом устройства является вычислительный модуль, содержащий восемь сигнальных процессоров ADSP-TS201S фирмы Analog Devices, а также контроллеры ввода-вывода. Производительность вычислительного модуля составляет 28,8 GFLOPS. В устройстве используются четыре вычислительных модуля.

Описаны принципы разработки программного обеспечения ПОС. Структура устройства и методы распараллеливания операций позволяют осуществлять раздельное программирование для каждого процессорного элемента. Указанный основополагающий принцип существенно упрощает разработку и модификацию программного обеспечения.

В заключение даны характеристики четырех поколений ПОС, разработанных в соответствии с описанными принципами. Производительность устройств за последние 15 лет возросла более чем в 100 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Цыпин И.Б.** Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Часть 1. Принципы разработки. Преобразование сигнала в цифровую форму // Цифровая обработка сигналов. – 2001, №4. – С.2–11.
2. **Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Цыпин И.Б.** Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Часть 2. Алгоритмы обработки радиолокационных сигналов // Цифровая обработка сигналов. – 2002, №1. – С.28–39.
3. **Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Сухарев Е.М., Цыпин И.Б.** Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС. Часть 3. Программируемый процессор сигналов // Цифровая обработка сигналов. – 2002, №2. – С.17–26.
4. **Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Сухарев Е.М., Цыпин И.Б.** Многопроцессорное устройство цифровой обработки сигналов / Труды 1-й Международной конференции «Цифровая обработка сигналов». – М., 1998, Т.IV. – С.113–120.
5. **Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Цыпин И.Б.** Многопроцессорное программируемое устройство цифровой обработки радиолокационных сигналов // Радиотехника. – 2006. №2. – С.11-17.
6. **Зайцев Г.В.** Вычислительный макроконвейер с переменным тактом работы // Цифровая обработка сигналов. – 2006, №1. – С.38–44.

DIGITAL SIGNAL PROCESSOR OF MULTIFUNCTION RADAR

A.P. Dobrozhansky, A.B. Zazulina, G.V. Zaytsev

The paper presents a description of multiprocessing programmable unit for digital signal processing in multifunction ground-based monopulse radars (MFR).

The unit is intended for radar and communication signals processing. Traditional basic radar tasks of the unit are optimum filtering, detection, and measurement. In communication tasks processor performs demodulation, decoding, and CRC calculation. Additionally, side lobe cancellation task is executed by separate special processing module. Total quantity of processed waveforms amounts up to several hundreds.

Percentage estimation of required throughput for basic algorithms among necessary total throughput of the processing unit is given. From this estimation basic fundamentals of processor architecture and methods of parallel processing are deduced. The resulting architecture is a parallel structure of identical processor elements with pipeline realization of sequential tasks and simultaneous execution of computational and input-output operations.

The paper also discusses a comparison between two fundamental approaches to signal processor design – DSP vs FPGA. The reasoning is given for authors' opinion that for considered application with wide variety of tasks and algorithms DSP-based architecture has a lot of advantages, although FPGA should be used as an auxiliary instrument.

The unit has throughput more than 100 GFLOPS. It is designed as standard 19" subrack with 6U modules. The main element of the processing unit is a processing module. It includes eight ADSP-TS201S DSPs and input-output controllers and have throughput 28,8 GFLOPS. Four processing modules are used in the unit.

The paper describes principles of software design. The structure of the unit and analyzed algorithms permit separate programming for each processing element. This basic principle significantly simplifies software design and modification. There are four types of processing elements for programming: processing element in processing module, two processing elements in control module, and processing element in side lobe cancellation module.

In conclusion four generations of signal processing units are listed that were designed according to described principles. Throughput of the units increased more than 100 times during last 15 years.

НОВЫЙ СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ЦЕЛИ И БОРЬБЫ С ПОМЕХАМИ В РЛС

© Автор, 2014

А.А. Косин, ведущий инженер,
ОАО «НПК НИИДАР», г. Москва
E-mail: kosin39@mail.ru

Рассмотрено обнаружение цели и подавление помех в радиолокационных станциях с помощью локальных максимумов. Работа нового метода обнаружения целей и подавления помех была детально промоделирована с помощью Matlab, что даёт основания сделать заключение о работоспособности метода и его практической ценности. В статье рассмотрены алгоритмы цифровой обработки сигналов, предлагаемые в данном методе для разных РЛС.

Ключевые слова: сигнальная отметка (СО), локальный максимум (ЛМ), статистическая обработка, РЛС, спектральный анализ (СА), обнаружение СО, подавление помех, сложные аддитивные сигналы.

The article deals with the target detection and antijamming in the radars by means of the local maximum. The work of the new antijamming target detection method has been modeled by MatLab in great depth. The report considers the digital processing algorithms offered in this method for different radars. The list of references was provided at the end.

Keywords: local maximum, statistical analysis, radar, spectral estimation, blinking detection, clutter suppression, complex additive signals.

Новый способ борьбы с помехами в РЛС основан на том, что белый гауссовский шум имеет случайный характер, а сигнальная отметка (СО) детерминирована.

Для объяснения работы этого способа примем некоторые условия:

1. Здесь имеются в виду аддитивные помехи, в состав которых может входить некоторая постоянная, либо слабопеременная и обязательно белый гауссовский шум.

2. Предполагается, что во время проведения одного измерения с соответствующей разрешающей способностью по дальности, углу места и азимуту для соответствующих объектов местоположение СО от этих объектов не меняется.

Например, для РЛС метрового диапазона предназначенных для наблюдения за морскими судами одно измерение состоит из нескольких циклов излучения и приема. А для РЛС дециметрового, сантиметрового и миллиметрового диапазонов предназначенных для наблюдения за быстролетающими объектами одно измерение составляет от несколько микросекунд до нескольких миллисекунд и состоит из одного цикла излучения и приема. Бывают и другие типы измерений производимых с помощью РЛС, но всегда должно соблюдаться условие неизменности наблюдаемого объекта во время проведения одного измерения. Для доказательства положительного действия предлагаемого способа борьбы с помехами необходимо принять следующие определения:

- Локальные максимумы – это битовая информация на месте каждого пика амплитудной информации, полученной после спектральной обработки (СА).

- Итерация – это поиск вектора локальных максимумов (ЛМ) на текущем амплитудном векторе СА на одном цикле излучения РЛС и сложение его с вектором ЛМ вектора СА от предыдущего цикла измерения РЛС.

- Блок – это сумма ЛМ векторов СА от нескольких итераций.

- Опыт или одно измерение – это сравнение положений ЛМ в разных блоках с целью исключения ложной тревоги обнаружения СО.

Алгоритм работы предлагаемого метода обнаружения СО при большом количестве циклов измерения. На каждом цикле излучения РЛС производится одна итерация. Далее производится некогерентное накопление ЛМ, обнаруженных в каждой итерации, т.е. производится один блок.

Далее, для того чтобы исключить ложную тревогу о наличии СО, в случае отсутствия действительной СО, надо произвести сравнение результатов двух блоков, т.е. производится опыт. В предлагаемом методе обнаружения СО и борьбы с помехами все количество циклов некоррентного накопления разбивается на итерации, блоки и опыты. И подтверждается с помощью *Matlab* что обнаружение СО по локальным максимумам произойдет с той же вероятностью обнаружения полезной СО и меньшей вероятностью ложной тревоги. Другими словами, предлагаемый метод может дать преимущества при подавлении помех, в том числе и при обнаружении СО на уровне сильных помех.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Косин А.А., Князев А.П., Ступин Д.Д.** Патент №2382381 от 12.11.2007, продлён 9.11.2013. «Локально-пачечная обработка сигнала».
2. **Косин А.А., Харитонов А.Ю., Юрков М.В.** Обнаружение сигнальной отметки методом локальных максимумов. – Статья в Трудах РТИ им. академика А.Л. Минца. – М., 2010. – Вып. 2(46). – С.96–104.

A NEW METHOD OF TARGET DETECTION AND ANTIJAMMING IN THE RADAR

A.A. Kosin

The new radar anti-jamming method is based on the fact that white Gaussian noise has a random character and the blinking is determined.

To explain this method operation we will accept some conditions:

1. We speak about additive noise, a part of which can be a various constant or a weak variable and surely white Gaussian noise.
2. It is supposed that during one measurement with the corresponding range/elevation angle/azimuth/ resolution for the particular objects the blinking position from these objects doesn't change.

For example, for the sea VHF band surveillance radar one measurement consists of several radiating/ receiving cycles.

And for the dcm/cm/mm frequency radars intended for the fast-flying object surveillance one measurement is from some microseconds up to milliseconds and consists of one radiating/ receiving cycle.

There are also the other measurement types performed by the radar, but the condition of an invariability of the surveillance object always has to be met during one measurement.

To prove the abovementioned anti-jamming method positivity it is necessary to establish the following definitions:

- Local maxima are the bit data on a place of each amplitude data peak received after spectral processing (SP).
- Iteration is a vector search of the local maxima (LM) on the SP current amplitude vector on one cycle of radar radiation and its addition with the LM vector of SP vector from the previous radar measurement cycle.
- The block is the sum of the LM vectors of SA from several iterations.
- Experience or one measurement is a comparison of LM positions in different blocks to exclude the false alarm of the blinking detection.

The operation algorithm of the offered blinking detection method is under a large number of measurement cycles.

One iteration is made at each radar radiation cycle.

Then the LM incoherent accumulation found in each iteration is performed i.e. one block is made.

To exclude a false alarm about the blinking presence if there is no valid blinking, it is necessary to make comparison of two block results, i.e. an experiment is conducted.

In the proposed anti-jamming/blinking detection method the totality of cycles of inappropriate concentration breaks into iterations, blocks and experiences.

MatLab confirmed that the blinking detection according to local maxima will happen with the same useful blinking detection probability and smaller probability of a false alarm.

The offered method can give advantages, when anti-jamming.

УДК 621.394

ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИМПУЛЬСА, ОБРАЗОВАННОГО МОЛНИЕВЫМИ РАЗРЯДАМИ

© Автор, 2014

Н.М. Купцов, ведущий инженер отдела реализации испытаний по ЭМС и обеспечения стойкости к спецвоздействиям, ОАО «Радиотехнический институт им. академика А.Л. Минца», г. Москва
E-mail: nkupcov@rti-mints.ru

В данной статье рассмотрена проблема воздействия мощного ЭМИ, образованного молниевым разрядом, на радиоэлектронную аппаратуру. Рассмотрены методы оценки стойкости РЭА к воздействию ЭМИ. Представлена блок-схема программы оценки влияния ЭМИ на апертурные антенны.

Ключевые слова: электромагнитный импульс, молниевый разряд, радиоэлектронные средства, методы оценки, программа оценки.

In this article the problem of the impact of powerful electromagnetic pulse formed by lightning discharge on electronic equipment. Methods of an assessment of resistance of the equipment to influence of an electromagnetic pulse are considered. Presents the block diagram of the program evaluate the impact of electromagnetic pulse on the aperture of the antenna.

Keywords: electromagnetic pulse, lightning digit, radio electronic tools, evaluation methods, evaluation program.

В соответствии с нормативной документацией аппаратура должна обладать стойкостью к внешним воздействиям. Одним из внешних воздействий является мощный электромагнитный импульс, образованный молниевым разрядом.

Проблема воздействия мощного электромагнитного импульса на аппаратуру чрезвычайно актуальна из-за сложности электродинамических процессов взаимодействия полей с широким классом объектов. В статье будут рассмотрены механизмы воздействия ЭМИ на аппаратуру технических средств и существующие методы по оценке стойкости технических средств к воздействию ЭМИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кравченко В.И., Болотов Е.А., Н.И. Летунова Н.И.** Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи. – М.: Радио и связь, 1987.
2. **Балюк Н.В., Кечиев Л.Н., П.В. Степанов П.В.** Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты. – М., 2008.
3. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций СО 153-34.21.122-2003.
4. **Мырова Л.О., Чепиженко А.З.** Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. – М.: Радио и связь, 1988.

EVALUATION OF THE RESISTANCE OF ELECTRONIC EQUIPMENT TO ELECTROMAGNETIC PULSE, FORMED BY THE LIGHTNING DIGIT

N.M. Kuptsov

According to the normative documentation the equipment should possess stability to external influences. One of external influences is the powerful electromagnetic pulse formed by the lightning digit. The problem of influence of a powerful electromagnetic pulse on the equipment is extremely actual because of complexity of electrodynamic processes of interoperability of fields with a wide class of objects.

In article will be considered mechanisms of influence of an electromagnetic pulse on the equipment and existing methods according to stability to influence of an electromagnetic pulse.

УДК 621.396.96

СИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ И ПЕРЕДАЧИ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАДИОЛОКАТОРА

© Автор, 2014

Д.М. Литвинов, начальник отдела,
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

В статье рассматриваются проблемы синхронизации и информационного обмена в современном радиолокаторе. Приводятся принципы и структура системы синхронизации и передачи информации решающей данные проблемы.

Ключевые слова: синхронизация, канал обмена, ethernet, LVDS.

The report deals with the problems of synchronizing and data exchange in the modern radar. The principles and structure of the synchronizing and data transfer system are presented.

Keywords: synchronizing, data communication channel, Ethernet, LVDS.

Современный многофункциональный радиолокатор (МФР) является сложным составным устройством, состоящим из различных блоков и узлов. В такой сложной системе остро встает проблема синхронизации и информационного обмена между составными частями МФР.

Режим работы радиолокатора определяет структуру системы синхронизации. Современный МФР работает в импульсном режиме, фаза излучения зондирующего сигнала и фаза приема отраженных сигналов разнесены во времени. При этом цикл работы радиолокатора можно разбить на ряд последовательных действий: подготовка к излучению зондирующего сигнала, излучение зондирующего сигнала, прием сигналов, отраженных от целей, обработка полученных сигналов. Для обеспечения синхронной работы каждая составная часть МФР должна точно знать текущую фазу цикла зондирования. Отсюда вытекает, что для синхронизации на аппаратуру МФР должны передаваться импульсы начала рабочего цикла (ИНЦ) и нулевой дальности (излучение зондирующего сигнала R_0). Для упрощения отсчета времени внутри цикла зондирования добавляется импульс минимального такта (ИМТ), для обеспечения привязки к единому источнику тактового сигнала – сигнал опорной частоты (F_{ref}). Эти четыре сигнала должны формироваться в одном месте и распространяться на все составные части МФР.

Помимо синхронизации на аппаратуру МФР необходимо передать информацию, определяющую параметры текущего цикла зондирования (фазировка антенны, усиление приемника, тип зондирующего сигнала и т.д.). Для каждого блока радиолокатора это управляющая информация своя и меняется от зондирования к зондированию. Моменты передачи управляющей информации должны быть жестко привязаны к циклам зондирования, а следовательно и к сигналам синхронизации.

Малые длительности циклов зондирования (длительность минимального такта измеряется сотнями микросекунд) приводят к тому, что центральный вычислительный комплекс (ЦВК) МФР не может обеспечить работу в реальном масштабе времени. Таким образом, возникает необходимость наличия отдельного блока, занимающегося формированием сигналов синхронизации и обменом управляющей информацией с аппаратурой радиолокатора. Обмен между этим блоком и ЦВК организуется с большим периодом, чем минимальный такт и необходимость жесткой привязки работы ЦВК к реальному времени отпадает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. – М.: Радиотехника, 2004. – 18 с.
2. LVDS Owner's Manual, 4th Edition. National Semiconductor, 2008. – 10 p.

THE SYNCHRONIZING AND CONTROL DATA TRANSFERRING SYSTEM OF THE MULTIPURPOSE RADAR

D.M. Litvinov

The modern multipurpose radar (MMR) is the complex compound device consisting of various units and junctions. The major problem of such a complex system is synchronizing and the data exchange between the MMR component parts.

The radar operating mode defines the synchronizing system structure. The modern MMR is operational in a pulse mode; the radiation phase of a probing signal and a phase of receiving the returned signals are separated in time. Thus the radar operation cycle has a number of serial actions: preparing for the probing signal radiation, the probing signal radiation, receiving the signals returned from the targets, the received signal processing.

To provide synchronizing the each MMR component has to know the current phase of the sounding cycle precisely. All it implies that for synchronizing it is necessary to transmit pulses of the operation cycle beginning (OCB) and zero distance (probing signal radiation R_0) to the MMR equipment. To simplify the time reading in the cycle of sounding the minimum step pulse (MSP) is added, providing the binding to a single source of a clock signal – the reference frequency signal (RFS). These four signals have to be formed in one place and propagate to all the MMR components. Besides synchronizing, it is necessary to transfer data determining parameters of sounding to sounding to the MMR equipment. The control data transmission moments have to be rigidly connected to the sounding cycles and therefore to the synchronization signals.

Short duration of sounding cycles (minimum step duration is measured by hundred microseconds) results in the MMR central computer complex (CCS) inability to perform the operation in real time. Thus need arises to have a separate unit forming the signals of synchronizing and control data exchanging with the radar equipment. The exchange between this unit and the CCS is made for a longer time than a minimum step and the need of strict fixing of the CCS operation to the real time disappears.

ЗАЩИТА РЛС ОБЗОРА ОТ ЛОЖНЫХ ТРЕВОГ В ЗОНЕ ПРОТЯЖЁННЫХ ПО ДАЛЬНОСТИ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ

© Автор, 2014

И.Ф. Лозовский, доктор технических наук, старший научный сотрудник,
начальник отдела, ОАО «НПО НИИИП-НЗуК», г. Новосибирск
E-mail: lozov-igor@yandex.ru

Рассматриваются различные методы защиты РЛС обзора от ложных тревог в зоне протяжённых по дальности пассивных помех, связанных с аномальными значениями амплитуды и доплеровской фазы отражённых сигналов в отдельных элементах дальности. Предлагаемые методы основаны на использовании частотного порога при обнаружении пачек импульсов с вобуляцией периода повторения и пачечных сигналов. Исследуется эффективность применения в данных условиях разностно-временной (РВ) ЧПК и адаптивного аттенюатора сигналов на СВЧ. Полученные результаты говорят о возможности существенного повышения защищенности РЛС обзора от данного вида помех.

Ключевые слова: РЛС обзора, пассивная помеха, «ангел», местный предмет, ложная тревога, цель, обнаружение.

Some methods for surveillance radar defense from false alarm in zone of extended by range clutter, connected with anomalous values of reflected signals amplitude and Doppler phase in particularly elements, are considered. The suggested methods are based on the frequency threshold using for detection of patch impulses with pulse period trembling and patch signals. The efficiency of time-difference (TD) MTI and adaptive signal attenuator at MW are researched. The obtained results tell about possibility of high radar defense from this type of clutter improvement.

Keywords: surveillance radar, clutter, «angel», local object, false alarm, target, detection.

Рассматриваются различные методы защиты РЛС обзора от ложных тревог в зоне протяженных по дальности пассивных помех, связанных с аномальными значениями амплитуды и доплеровской фазы отраженных сигналов в отдельных элементах дальности. Предлагаемые методы основаны на использовании частотного порога при обнаружении пачек импульсов с вобуляцией периода повторения и пачечных сигналов. Исследуется эффективность применения в данных условиях разностно-временной (РВ) ЧПК и адаптивного аттенюатора сигналов на СВЧ. В целом предложенные методы позволяют существенно повысить эффективность защиты РЛС обзора от ложных тревог в зоне протяженных по дальности пассивных помех, связанных с аномальными значениями амплитуды и доплеровской фазы отраженных сигналов, при сохранении видимости «тихоходных» целей. При невозможности их реализации из-за недостатка времени в режимах с однозначными по дальности сигналами предложено использовать для определенного подавления таких помех алгоритм двукратной РВ ЧПК и адаптивный СВЧ-аттенюатор, управляемый по мощности остатков протяженных пассивных помех. Полученные результаты говорят о возможности существенного повышения защищенности РЛС обзора от данного вида помех.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лозовский И.Ф.** Повышение эффективности защиты РЛС обзора от точечных пассивных помех // Вестник воздушно-космической обороны. – 2014, №4. – С.45–49.
2. **Лозовский И.Ф.** Эффективность обработки пачечных сигналов в условиях локально протяженных и точечных пассивных помех // Общие вопросы радиоэлектроники. Ч.2. – Рн/Д, 2006. – Вып.1. – С. 38–47.
3. **Бакулев П.А.** Методы и устройства селекции движущихся целей / П.А. Бакулев, В.М. Степин. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.
4. **Лозовский И.Ф.** Построение и эффективность разностно-временных компенсаторов точечных движущихся помех // XI Международная конференция «Радиолокация, навигация, связь» (г. Воронеж, апрель 12-14, 2005 г.). Т.3. – Воронеж, 2005. – С.1262–1273.

SURVEILLANCE RADAR DEFENSE FROM FALSE ALARM IN ZONE OF EXTENDED BY RANGE CLUTTER

I.F. Lozovskyi

Some methods for radar defense from false alarm in zone of extended by range clutter, connected with anomalous values of reflected signals amplitude and Doppler phase in particularly elements, are considered. The suggested methods are based on the frequency threshold using for detection of patch impulses with pulse period wobble and patch signals. The efficiency of time-difference (TD) MTI and adaptive signal attenuator at MW are researched. On the whole the offered methods allow sufficiently to raise efficiency of surveillance radar defense from false alarm in zone of extended by range clutter, connected with anomalous values of reflected signals amplitude and Doppler phase, with saving of slowly moving target visibility. With impossibility of its realization for lack of time in regimes with unambiguous on range signals the algorithm of double TD MTI and adaptive signal attenuator at MW, managed by power of extended by range clutter traces, are suggested to use for some suppression of these clutter. The obtained results tell about possibility of high radar defense from this type of clutter improvement.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ РЛС ОБЗОРА ОТ ТОЧЕЧНЫХ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ

© Автор, 2014

И.Ф. Лозовский, доктор технических наук, старший научный сотрудник,
начальник отдела, ОАО «НПО НИИИП-НЗuK», г. Новосибирск
E-mail: lozov-igor@yandex.ru

Рассматриваются различные методы повышения эффективности защиты РЛС обзора от точечных по дальности пассивных помех (ТПП), вызванных отражениями от «ангелов» и местных предметов. Предлагаемые методы, в частности, включают в себя использование пачечных сигналов и обработку с управляемым порогом по частоте Доплера. Полученные результаты говорят о возможности существенного повышения защищенности РЛС обзора от ТПП.

Ключевые слова: РЛС обзора, пассивная помеха, «ангел», местный предмет, ложная тревога, цель, обнаружение.

The different methods for efficiency of surveillance radar defense from the pointed by range clutter (PC), caused by reflections from angels and local objects, are considered. The proposed methods, in particular, include using of patch signals and processing with Doppler frequency adaptive threshold. The obtained results tell about possibility of high radar defense from PC improvement.

Keywords: surveillance radar, clutter, «angel», local object, false alarm, target, detection.

Рассматриваются различные методы повышения эффективности защиты РЛС обзора от точечных по дальности пассивных помех (ТПП), вызванных отражениями от «ангелов» и местных предметов. Предлагаемые методы, в частности, включают в себя использование пачечных сигналов и обработку с управляемым порогом по частоте Доплера.

В отличие от ЧПК, при использовании алгоритма частотного порога достигается снижение числа ложных тревог до величины, соответствующей пропускной способности РЛС. При этом обеспечивается более высокая вероятность обнаружения целей разного вида, включая сравнительно «тихоходные», особенно при обработке двух пачек с разной вобуляцией периода. Вероятностно-скоростная характеристика алгоритма частотного порога не имеет провалов, что исключает пропуски целей с «неблагоприятными» скоростями. При использовании режимов с пачечными сигналами и алгоритма частотного порога снижение числа ложных тревог до величины, соответствующей пропускной способности РЛС достигается при меньших значениях частотного порога, чем в режимах с однозначными по дальности сигналами. Обеспечивается еще большая видимость «тихоходных» целей.

В целом, предложенные методы обработки сигналов в РЛС обеспечивают при сохранении видимости «тихоходных» целей и темпа обзора существенное снижение числа ложных тревог от основных видов ТПП в разнообразных погодных условиях и для разной местности.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бакулев П.А.** Методы и устройства селекции движущихся целей / П.А. Бакулев, В.М. Степин. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.
2. **Лозовский И.Ф.** Построение и эффективность разностно-временных компенсаторов точечных движущихся помех // XI Международная конференция «Радиолокация, навигация, связь» (г. Воронеж, апрель 12– 4, 2005 г.). Т.3. – Воронеж, 2005. – С.1262–1273.
3. Справочник по радиолокации: в 4-х т. Т.3 Радиолокационные устройства и системы / Пер. с англ.; Под ред. М. Скольника. – М.: Сов. радио, 1978. – 538 с.
4. **Лозовский И.Ф.** Эффективность частотного порога при разностно-временном подавлении точечных движущихся помех // XI Международная конференция «Радиолокация, навигация, связь» (г. Воронеж, апрель 12–14, 2005). Т.3. – Воронеж, 2005. – С.1274–1281.
5. **Лозовский И.Ф.** Эффективность обработки пачечных сигналов в условиях локально протяженных и точечных пассивных помех // Общие вопросы радиоэлектроники. – Ростов-на Дону, 2006. – Ч.2., вып.1. – С.38–47.
6. **Попов Д.И.** Синтез измерителей доплеровской фазы сигнала // Радиотехника. – 1991, №2. – С.36–39.

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF RADAR DEFENSE FROM POINTED CLUTTER

I.F. Lozovskyi

The different methods for efficiency of surveillance radar defense from the pointed on range clutter (PC), caused by reflections from angels and ground features, are considered. The proposed methods, in particularly, include using of patch signals and processing with Doppler frequency adaptive threshold.

Unlike MTI with using of frequency threshold algorithm reduction of false alarm number to the value, corresponding of radar throughput is reached. With this more high values of detection probabilities for targets of different types, included comparatively «slowly moving» targets are provided, especially for two patches with different period wobbling. Probability-velocity characteristic of the frequency threshold algorithm have no dips that exclude targets with unfavorable velocities gaps. With using of patch signals regimes and frequency threshold algorithm reducing of false alarm number to the value, corresponding of radar throughput is reached with smaller values of frequency threshold, than in regimes with unambiguous on range signals. Higher visibility of «slowly moving» targets is provided in this case.

On the whole, the suggested methods of radar signal processing are provided essential reducing of false alarm number from main types of PC in different weather conditions and various places with saving of «slowly moving» targets visibility and survey's rate.

АМПЛИТУДНЫЕ МЕТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ ОТ ТОЧЕЧНЫХ МЕСТНЫХ ПРЕДМЕТОВ В РЛС ОБЗОРА

© Автор, 2014

И.Ф. Лозовский, доктор технических наук, старший научный сотрудник,
начальник отдела, ОАО «НПО НИИИП-НЗуК», г. Новосибирск
E-mail: lozov-igor@yandex.ru

Рассматриваются различные амплитудные методы повышения эффективности защиты РЛС обзора от точечных по дальности местных предметов (ТМП). Предлагаемые методы основаны на межобзорной и мгновенной обработке амплитуд остатков на выходе ЧПК, подавлении боковых лепестков ДНА. Полученные результаты говорят о возможности существенного повышения защищенности РЛС обзора от ТМП.

Ключевые слова: РЛС обзора, пассивная помеха, местный предмет, ложная тревога, цель, обнаружение, боковой лепесток.

Some amplitude methods for efficiency improvement of surveillance radar defense from pointed by range local objects (PLO) are considered. The suggested methods are based on between surveys and instantaneous processing of remains amplitudes at the output of MTI, suppression of AD side lobes. The obtained results tell about possibility of high surveillance radar defense from PLO improvement.

Keywords: surveillance radar, clutter, local object, false alarm, target, detection, side lobe.

Рассматриваются различные амплитудные методы повышения эффективности защиты РЛС обзора от точечных по дальности местных предметов (ТМП). Предлагаемые методы основаны на межобзорной и мгновенной обработке амплитуд остатков на выходе ЧПК, подавлении боковых лепестков ДНА.

В большинстве случаев в алгоритме межобзорного бинарного накопления число ложных тревог не превышает критического, определяемого пропускной способностью РЛС. В предложенном алгоритме с нормировкой обеспечивается практически полное подавление отражений от ТМП. Определено, что в РЛС с межобзорной обработкой сигналов обеспечивается умеренная видимость разного типа целей, включая «тихоходные». Показаны очевидные преимущества систем с дополнительным пространственным каналом в условиях ТМП, принятых по боковым лепесткам ДНА. Пороговая мощность обнаруживаемого на фоне шума сигнала при этом увеличивается незначительно (~ на 0.12дБ). В РЛС для одноимпульсного режима полученное число ложных тревог составило $N_f = 0.1 - 0.2$ за обзор при включенном и : $6 \cdot 10^5$ при отключенном дополнительном канале. В предложенном алгоритме с бланкированием по коэффициенту передачи ЧПК при дополнительных потерях не более 0.5дБ обеспечивается ограничение величины вероятности ложных тревог от ТМП на уровне $10^{-5} \text{ К } 10^{-1}$ в зависимости от мощности протяженных МП. Число ложных тревог от ТМП за обзор в большинстве случаев не превышает критического, определяемого пропускной способностью данного РЛС.

В целом, с помощью предложенных методов обработки амплитуд остатков на выходе ЧПК, подавления боковых лепестков ДНА можно заметно повысить защищенность РЛС от ТМП.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лозовский И.Ф.** Повышение эффективности защиты РЛС обзора от точечных пассивных помех // Вестник воздушно-космической обороны. – 2014, №4. – С.45-49.
2. **Finn H.M.** Adaptive detection mode with threshold control as a function of spatially sampled clutter-level estimates / Finn H.M., Johnson R.S. // RCA Review, vol.29. – 1968, Sept. – №3. – pp. 414-464.
3. **Финн.** Обнаружение флюктуирующих целей в пассивных помехах методом логического бланкирования боковых лепестков / Финн, Джонсон, Пиблс // Зарубежная радиоэлектроника. – 1971. – №10.
4. **Лозовский И.Ф.** Построение и моделирование радиолокационных обнаружителей сигналов с дополнительным некогерентным каналом приёма // Радиотехника. – 2006, №12. – С.4-9.

AMPLITUDE METHODS FOR SUPPRESSION OF CLUTTER FROM POINTED LOCAL OBJECTS IN SURVEILLANCE RADAR

I.F.Lofovskyi

Some amplitude methods for efficiency improvement of surveillance radar defense from pointed by range ground features (PGF) are considered. The suggested methods are based on between surveys and instantaneous processing of amplitudes remains at the output of MTI, suppression of AD side lobes.

In majority cases number of false alarm in the algorithm of between surveys accumulation not exceed of critical number, determined by radar throughput. In suggested algorithm with normalization practically total suppression of reflections from PGF is provided. Its defined that moderate visibility of different target types, include «slowly moving», is provided in radars with between surveys signal processing. Obvious advantages of systems with additional spatial channel in conditions of PGF, received from side lobes of AD, are shown. With it threshold power of detected signal against background noise is raised insignificantly (on $\sim 0,12$ dB). In radar for one impulse regime obtained number of false alarm have been formed $N_f = 0,1 - 0,2$ by survey with switched on and : $6 \cdot 10^5$ with switched off additional channel. The limitation of false alarm probability from PGF value on level of $10^{-5} K 10^{-1}$ in dependence from extensive GF power with additional losses less of 0.5dB is provided in suggested algorithm with blanking by MTI gain. The number of false alarm by survey in majority cases is not exceed of critical value, determined by this radar throughput.

On the whole one can raise radar defense from PGF with help of suggested remains amplitudes processing at the output of MTI methods, side lobes of AD suppression.

АДАПТИВНАЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НАЗЕМНЫХ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ В МОНОИМПУЛЬСНОЙ РЛС

© Авторы, 2014

П.А. Макаров, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник,
ОАО «НИИ Приборостроения им. В.В. Тихомирова», г. Жуковский
E-mail: palmakarov@gmail.ru

Е.Е. Колтышев, доктор технических наук, профессор,
главный специалист, ОАО «НИИ Приборостроения им. В.В. Тихомирова», г. Жуковский
В.В. Мухин, заместитель Генерального директора – Главного конструктора по НИОКР,
начальник отдела, ОАО «Уральское ПКБ «Деталь», г. Каменск Уральский

Д.Ю. Сусяков, начальник лаборатории,
ОАО «НИИ Приборостроения им. В.В. Тихомирова», г. Жуковский

Представлена строгая постановка задачи оптимального приёма на основе пространственно-временных моделей полезного сигнала и мешающих отражений. Приведена методика синтеза близких к оптимальным алгоритмов фильтрации сигналов движущихся целей в многоканальных РЛС. Получен адаптивный алгоритм фильтрации подобных сигналов в РЛС с суммарным и азимутальным каналами, предназначенный для селекции движущихся целей на фоне картографирования поверхности. Приведены некоторые его характеристики в сравнении с известным алгоритмом.

Ключевые слова: селекция движущихся целей, пространственно-временная фильтрация сигналов, моноимпульсная РЛС, комплексная частотная характеристика, подавление мешающих отражений, адаптивный алгоритм обработки.

There has been presented the strict formulation of the problem of the optimal receiving on the basis of space-time models of a useful signal and clutters. There has been given the synthesis technique of the moving target signals similar to the aimed filtering algorithms in the multichannel radars. There has been received the adaptive filtering algorithm of similar signals in the radar with the sum and azimuth channels intended for moving target detection against ground mapping. Some performance in comparison with the known algorithm was provided.

Keywords: moving target detection, space-time signal filtering, monopulse radar, complex frequency response function, clutter suppression, adaptive processing algorithm.

Обнаружение движущихся объектов (целей) на фоне интенсивных пассивных помех различного происхождения является одной из актуальных задач бортовых радиолокационных систем картографирования подстилающей поверхности. Выделение движущихся объектов производится на основе пространственно-временных различий сигналов, отраженных от целей и неподвижных отражателей, путем спектрального их разделения с использованием пространственно-многоканальных систем. Оптимизация алгоритмов функционирования систем обработки с несколькими пространственными (антенными) каналами, позволяющая реализовать такие алгоритмы функционирования в реальном времени, является важной задачей при практическом проектировании и основана на адекватном упрощении модели мешающих отражений в виде учета отдельных наиболее значимых составляющих спектра сигнала помехи.

В докладе рассмотрены пространственно-временные модели сигналов, отраженных от подвижных объектов, и отражений от подстилающей поверхности, характерных для бортовых когерентно-импульсных РЛС переднебокового и переднего обзора. Модели получены в приближении малых вертикальных отклонений луча РЛС.

Приведена методика синтеза пространственно-временного фильтра (близкого к оптимальному) сигналов движущихся целей на фоне отражений от земли в моноимпульсной (двухканальной) РЛС. Показано, что в выражения для коэффициентов указанного фильтра входят радиальная и тангенциальная (относительно равносигнального направления) скорости носителя, а также соотношение диаграмм направленности азимутального и суммарного каналов. На практике определение параметров движения относительно центра области картографирования осу-

ществляется по данным навигационной системы носителя РЛС. Требуемая точность определения составляющих скорости растёт с увеличением пространственного разрешения РЛС и современными инерциальными системами не обеспечивается. В докладе предложена адаптивная схема фильтрации, основанная на измерении необходимых параметров по сигналу отражений от земной поверхности.

Представлен сравнительный анализ эффективности полученного пространственно-временного фильтра с известным алгоритмом селекции наземных движущихся целей, как при точно известных параметрах (обеспечивающего потенциальную эффективность), так и в отсутствии таковых (адаптивная схема).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лавров А.А., Хотляник В.А.** Особенности обнаружения пространственно-временного сигнала при линейном расположении источников помех. – Радиотехника, 1990, №5.
2. **Колтышев Е.Е., Янковский В.Т.** Синтез оптимального алгоритма селекции сигналов движущихся объектов на фоне мешающих отражений в радиолокаторах с синтезированной апертурой. – Радиотехника, 1996, №10.
3. **Антипов В.Н., Ильчук А.Р., Колтышев Е.Е., Янковский В.Т.** Алгоритмы селекции сигналов движущихся объектов в когерентно-импульсных РЛС. – Радиотехника, 1998, № 4.
4. **Колтышев Е.Е.** Селекция целей в многоканальных РСА. – Радиотехника, 2006, №7.
5. **Антипов В.Н., Колтышев Е.Е., Янковский В.Т.** Селектор движущихся целей в РЛС с моноимпульсной антенной системой. – Радиотехника, 1997, №8.
6. **Макаров П.А., Мухин В.В., Сусляков Д.Ю., Фролов А.Ю., Янковский В.Т.** Алгоритмы селекции сигналов движущихся объектов в РЛС с многоканальной антенной системой. – Радиотехника, 2012, №10.
7. **Антипов В.Н., Колтышев Е.Е., Янковский В.Т.** Селектор движущихся целей в РЛС с моноимпульсной антенной системой. – Радиотехника, 1997, №8.
8. **Гоноровский И.С.** Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Радио и связь, 1986.

ADAPTIVE SPACE-TIME SIGNAL PROCESSING OF THE GROUND MOVING TARGET INDICATION IN THE MONOPULSE RADAR

P.A. Makarov, E.E. Koltyshev, V.V. Mukhin, D.Yu. Suslyakov

The moving target detection under the intensive heavy clutters of various origin is one of the actual problems of the airborne underlying terrain mapping radar systems. The moving target identification is made on the basis of space-time differences of the signals returned from the targets as well as the reference reflectors by means of their wavelength division multiplexing, using the spatial multichannel systems. The functioning algorithm optimization of the processing system with several spatial (antenna) channels is an important task of practical designing and is based on the suitable simplification of a clutter model in terms of considering the separate most significant spectral components of a disturbing signal, allowing to implement such functioning algorithms in real time.

The report has considered the space-time models of the signals returned from the moving targets as well as from the spreading surface reflections proper to the forward/ forward-side looking airborne coherent pulse radars. The models were made for the small vertical radar beam deflections.

There has been given the synthesis technique of the moving target signals similar to the aimed filtering algorithms in the multichannel radars.

The paper has introduced the nearoptimal synthesis technique of the space-time moving target signal filter against the terrain reflections in the monopulse radar. There was shown that the carrier radial and tangential velocities as well as the directional pattern ratio enter into the expressions for the mentioned filter coefficients.

In practice the movement parameter definition concerning the mapping field center is carried out according to the radar carrier navigation system. The required speed component definition accuracy grows with the radar space resolution increase and isn't provided by the modern inertial systems. The adaptive filtering scheme based on the measurement of necessary parameters according to a signal of reflections from the terrain was offered in these proceedings.

The comparative efficiency analysis of the performed space-time filter with the known moving target indication algorithm both under the precisely known parameters (providing the potential efficiency), and in the absence of those (the adaptive scheme) was described in this article.

УДК 621.396

ВЛИЯНИЕ ЗАКОНА ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРИОДОВ СЛЕДОВАНИЯ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ НА СКОРОСТНУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ РЛС

© Авторы, 2014

С.М. Макулов, ведущий инженер, руководитель группы,
ОАО «Муромский завод радиоизмерительных приборов», г. Муром
С.Н. Жиганов, кандидат технических наук,
доцент кафедры радиотехники Муромского института (филиала)
ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет
им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром
E-mail: s_zh_72@mail.ru

Рассчитаны скоростные характеристики системы селекции движущихся целей импульсно-доплеровской РЛС, построенной на однократном устройстве ЧПК при различных законах изменения периодов следования зондирующих сигналов. При этом рассмотрены линейный закон изменения из четырёх, девяти и шестнадцати импульсов, а так же последовательности, полученные на основе кодов Френка.

Ключевые слова: *неэквидистантные последовательности, wobbling периодов следования импульсов, скоростная характеристика.*

Calculated performance characteristics of the system moving target pulse-Doppler radar, built on a single device POCs for different types of change periods of probing signals. In this case, consider a linear variation of four, nine and sixteen pulses and sequences derived from the Frank codes.

Keywords: *non-equidistant sequence wobble periods of repetition, speed characteristic.*

При сканировании пространства РЛС от цели формируется пачка отраженных импульсных сигналов. Если период следования импульсов является постоянной величиной, то однозначно определяемая частота Доплера не должна превышать по модулю половину частоты следования импульсов, что, как правило, не позволяет перекрыть весь диапазон возможного изменения доплеровского сдвига частот отраженного от цели сигнала. Кроме неоднозначного измерения радиальной составляющей скорости цели, появляется эффект «слепых» скоростей.

Возможным выходом из этой ситуации является использование при зондировании пространства импульсных сигналов, период следования которых изменяется по определенному закону. Это позволяет расширить диапазон однозначного измерения скорости цели и избавиться от «слепых» скоростей. Закон изменения периодов следования импульсов напрямую влияет на неравномерность скоростной характеристики и величину провалов. В настоящее время существуют различные подходы к выбору законов изменения периодов следования зондирующих импульсов, основанные, как правило, на эмпирических подходах. Отсутствует строгий синтез последовательностей импульсов с наилучшим в каком-то смысле законом изменения периодов следования.

В представленной работе дается анализ скоростных характеристик реальных РЛС, использующих заданные законы изменения периодов следования зондирующих импульсов, и разработка новых последовательностей, обеспечивающих лучшие скоростные характеристики РЛС.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бакулев П.А., Степин В.М.** Методы и устройства селекции движущихся целей. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.
2. **Кузьмин С.З.** Цифровая радиолокация. Введение в теорию. – Киев: Изд-во КВЦ, 2000. – 428 с.
3. **Бакулев П.А.** Радиолокационные системы: Учебное пособие для вузов. – М.: Радиотехника, 2004. – 320 с.
4. Справочник по радиолокации. Под ред. М. Скольника. Нью-Йорк, 1970: Пер. с англ. (в четырёх томах) / Под общей ред. К.Н. Трофимова; Т.3. Радиолокационные устройства и системы / Под ред. А.С. Веницкого. – М.: Сов. радио, 1978. – 528 с.
5. **Жиганов С.Н.** Частотные свойства устройств ЧПК при подаче на их вход неэквидистантных последовательностей импульсов. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2013, №3. – С.52–58.
6. **Nadav Levanon, Eli Mozeson.** *Radar signals.* John Wiley & Sons Inc. 2004.

INFLUENCE OF THE LAW CHANGE PERIODS OF PROBING SIGNALS AT HIGH-SPEED CHARACTERISTICS OF RADAR

S.M. Makulov, S.N. Zhiganov

When space radar scanning, the burst of the returned pulse signals are formed. If the pulse-repetition interval is a constant, then uniquely determined Doppler frequency shouldn't exceed a half of the pulse repetition cycle on the module. As a rule this fact doesn't allow to cancel all range of possible changing of the Doppler frequency shift of a signal reflected from the target. Besides ambiguous measurement of the radial velocity component, the blind speed effect occurs.

The potential way out is using the pulse signals, the pulse repetition cycle of which changes under a certain law, when space sounding. It allows to expand the range of unambiguous target speed measurement and to escape the «blind» speeds. The law of variation of the pulse repetition cycle influences directly on the nonuniformity of the speed performance and the failure size. Now there are various approaches to choose the empirics based laws of variation of the probing pulse repetition cycle. There is no strict synthesis of the pulse sequences with the best in any sense law of variation of pulse repetition cycle.

This work presented the analysis of the speed performance of real radars using the preset laws of variation of probing pulse repetition cycle and the development of the new sequences providing the best speed performance.

УДК 621.373.9

УНИВЕРСАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ИМИТАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЛАТЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

© Авторы, 2014

В.О. Миллеров, ведущий инженер,
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: tegumay2013@mail.ru

А.Я. Стальной, кандидат технических наук,
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

В статье рассматривается устройство имитации радиолокационных сигналов на основе отечественного микропроцессора R500S разработки ЗАО «МЦСТ», состав данного устройства и его функционирование на уровне информационных потоков.

Ключевые слова: имитация радиолокационных сигналов, отечественный микропроцессор, цифровая обработка сигналов.

This article examines the device simulation of radar signals on the basis of domestic microprocessor R 500S (development of JSC «MCST»), the composition of the device and its operation at the level of information flows.

Keywords: radar signal imitation, target simulators, COTS.

Стремление уменьшить затраты времени и денег на разработку СВЧ РЛС привело к созданию универсального УИРС (УУИРС).

УУИРС – представляет собой аппаратно-программную модель среды функционирования РЛС (имитация воздушной обстановки: имитация траекторий множества целей, шумов и помех).

Устройство имитации сигналов и помех предназначено для имитации сигналов целей, ответчиков ракет, шумов и помех на промежуточной частоте приемного устройства при различных угловых положениях, дальности и скорости имитируемых объектов, в необходимом доплеровском диапазоне частот и требуемых уровнях формируемых сигналов.

Принципы построения УУИРС основаны на использовании общих алгоритмов синтеза цифровых радиолокационных сигналов (без формирования отдельных каналов для каждой цели).

УУИРС построен на базе платы цифровой обработки сигналов РПА/С с использованием отечественного микропроцессора R500S. Платы РПА/С состоит из микропроцессора R500S, ПЗУ начального загрузчика, оперативной памяти (ОЗУ) объемом 1 Гбайт, программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС), двух банков ОЗУ ПЛИС с организацией 1Mx72 и двух мезонинных разъемов для устанавливаемых на плату submodule с ЦАП.

Начальные условия и поведенческие алгоритмы антенны и целей формируются управляющей программой ЭВМ или поступают по каналу Ethernet в качестве запланированных координат целей и диаграммы антенны для последующих зондирований. Микропроцессор осуществляет расчет и загрузку управляющих кодов в цифровой синтезатор сигналов (ЦСС), реализованный на базе ПЛИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вопросы перспективной радиолокации / Под ред. А.В. Соколова. – М.: Радиотехника, 2003. – 512 с.
2. **Дьяконов В.П.** Генерация и генераторы сигналов – М.: ДМК Пресс, 2009. – 384 с.
3. **Скляр Б.** Цифровая связь: теоретические основы и практическое применение – М.: ИД Вильямс, 2003, 1104 с.
4. **Миллеров В.О., Стальной А.Я.** Устройство формирования и имитации радиолокационных сигналов, 15-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и её применение – DSPA-2013», Москва, Россия, доклады, выпуск XV, том 1).

UNIVERSAL RADAR SIGNAL IMITATION DEVICE BASED ON DIGITAL SIGNAL PROCESSING BOARD

V.O. Millerov, A.Ya. Stalnoy

This article examines the device simulation of radar signals on the basis of domestic microprocessor R 500S (development of JSC «MCST»), the composition of the device and its operation at the level of information flows.

In developing and creating radar system various kinds of equipment functioning as a real-time system (RTS), there is the need to verify, tune and debug their systems. Such systems include radar. Radars are complicated RTS, their development, prototyping and customization is costly and need more employees.

The desire to reduce the time and money going to develop universal radar signal imitation device (URSID).

URSID – is a hardware and software environment model's functioning radar (imitation air environment, trajectories variety of purposes, noise and interference).

Device simulation of signal and noise designed to simulate signals of targets, missiles, noise and interference at the intermediate frequency of the receiver at different angular positions, range and speed of simulated target, in the required Doppler frequency range and the required forms and levels trolled signals.

Principles of construction URSID is based on the use of standard computer technology with the use of more general algorithms for synthesis of digital radar signals (without the formation of separate channels for each goal).

Prototyping URSID conducted on normal computer using the electronic board TS-PCI developed by ZAO «SCAN Telecom Engineering» and work in real-time mode.

Next version URSID based on the electronic board of the RPA / C.

Creating UURS allows:

– form the various types of radar signals depending on the formed air environment that provides an estimate of the apparatus in real time;

– diagnose and evaluate the work of the system in the critical conditions;

– get the information and be for a future upgrade or build a new, better system that other ways and can not be obtained;

– carry out quick substitutions in the new or administration of the individual components of the system at any level layer reliability and evaluate actions be undertaken both in terms of costs and in terms of quality.

СЖАТИЕ СОСТАВНОГО ЛЧМ ИМПУЛЬСА В ВИДЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЛЧМ ПОДИМПУЛЬСОВ СО СТУПЕНЧАТОЙ ЧМ И СЛУЧАЙНОЙ НАЧАЛЬНОЙ ФАЗОЙ

© Авторы, 2014

В.С. Оконешников, доктор технических наук, старший научный сотрудник,
зам. начальника НТЦ, НТЦ «НИИРП» ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

А.В. Иванов, зам. начальника отдела,
НТЦ «НИИРП» ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

В.В. Иванов, ведущий инженер,
НТЦ «НИИРП» ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

Представлены два разработанных метода сжатия составного ЛЧМ импульса. Первый – при многоканальном сжатии ЛЧМ подимпульсов с последующим укорочением длительности путём суммирования совмещаемых по времени, но разнесённых по частоте сжатых ЛЧМ подимпульсов. Второй – при многоканальном вычислении спектра каждого несжатого ЛЧМ подимпульса и перенесении его на свою собственную несущую частоту. Объединение спектров ЛЧМ подимпульсов и сжатие составного ЛЧМ импульса в одном сверхширокополосном канале в частотной области.

Ключевые слова: сверхширокополосный ЛЧМ сигнал, сжатие ЛЧМ импульса.

In article present two developed methods of compression of compound LFM impulse. The first method is multichannel compression of subimpulses with the subsequent shortening of duration by summation combined on time, but carried on frequency compressed LFM subimpulses. The second method is multichannel spectrum calculate of each uncompressed LFM subimpulse with transferring this subimpulse on own carrier frequency.

Keywords: the ultra wideband LFM signal, compressing LFM impulse.

Исследуется возможность и разрабатываются методы сжатия составного ЛЧМ импульса в виде последовательности ЛЧМ подимпульсов, начальные частоты которых соответствуют ступенчатой ЧМ, а начальные фазы расфазированы по случайному закону.

Исследование возможности сжатия такого сигнала проводится при его цифровой обработке как во временной, так и в частотной области. Для того и другого случая представлены аналитические выражения, учитывающие случайность начальных фаз ЛЧМ подимпульсов. Показано, что вычисляя расфазировку начальных фаз ЛЧМ подимпульсов по пилот-сигналу для каждого зондирования и записывая ее в память, можно получить сжатый сверхширокополосный ЛЧМ сигнал, соответствующий составному сфазированному ЛЧМ импульсу.

Представлены два разработанных метода сжатия составного ЛЧМ импульса. Один при многоканальном сжатии ЛЧМ подимпульсов с последующим укорочением длительности путем суммирования совмещаемых по времени, но разнесенных по частоте сжатых ЛЧМ подимпульсов. Другой при многоканальном вычислении спектра каждого несжатого ЛЧМ подимпульса и перенесении его на свою собственную несущую частоту. Объединение спектров ЛЧМ подимпульсов и сжатие составного ЛЧМ импульса в одном сверхширокополосном канале в частотной области.

Для обоих методов выполнено моделирование и проведена экспериментальная проверка в действующей РЛС. Представлены результаты моделирования и экспериментальной проверки в виде сжатого составного ЛЧМ импульса для различных случаев обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Оконешников В.С., Пантелеев Б.М.** Радиолокационный комплекс «Неман-ПМ». История отечественной радиолокации. – М.: Издательский дом «Столичная энциклопедия», 2011. – С.94–96.
2. **Кук Ч., Бернфилд М.** Радиолокационные сигналы. Пер. с англ. / Под ред. В.С. Кельзона – М.: Сов. радио, 1971.
3. **Оконешников В.С., Кочемасов В.Н.** Сжатие частотно-модулированных сигналов с небольшим произведением девиации частоты на длительность импульса. – Зарубежная радиоэлектроника, 1987, №1. – С.82–94.

**COMPRESSION OF COMPOUND LFM IMPULSE
IN THE FORM OF SEQUENCE OF LFM SUBIMPULSES
WITH STEP FM AND RANDOM INITIAL PHASE**

V.S. Okoneshnikov, A.V. Ivanov, V.V. Ivanov

Possibility and methods of compression of compound LFM impulse are investigating and developing in this article. The LFM impulses in the form of sequence of LFM subimpulses with step FM and random initial phase.

Possibility of compression of compound LFM impulse are investigating at digital processing both in temporary, and in frequency area. For this purpose and other case the analytical expressions are presented.

In article present two developed methods of compression of compound LFM impulse. The first method is multichannel compression of subimpulses with the subsequent shortening of duration by summation combined on time, but carried on frequency compressed LFM subimpulses. The second method is multichannel spectrum calculate of each uncompressed LFM subimpulse with transferring this subimpulse on own carrier frequency.

For both methods modeling is executed and experimental check in operating RLS is carried out. Results of modeling and experimental check in the form of compressed compound LFM impulse for various cases of processing are presented.

УДК 621.376.4

ЦИФРОВОЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ СИГНАЛОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАДИОЛОКАТОРА

© Авторы, 2014

С.Н. Филин,

начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

E-mail: f5sj9354@mail.ru

М.С. Баранова,

начальник сектора, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

E-mail: sentina2006@mail.ru

Приведены результаты разработки цифрового формирователя сигналов, входящего в состав многофункционального радиолокатора, и позволяющего формировать радиолокационные сигналы с разнообразными законами модуляции. Рассмотрена функциональная схема и особенности конструкции ЦФСМР, обоснован выбор метода синтеза сигналов и элементной базы основного узла формирователя. Отмечена реализация программно-цифрового управления в реальном масштабе времени и унификация разработки по формированию различных типов сложных сигналов. Приведены результаты экспериментальных исследований ЦФСМР, произведена сравнительная оценка с результатами моделирования.

Ключевые слова: формирователь сигналов, прямой цифровой синтез, квадратурный цифровой преобразователь, ЛЧМ-сигнал, ФКМ-сигнал, квазинепрерывные сигналы.

Development results of the digital signal generator, which is a part of the multifunctional radar and which allows to form radar signals with various modulation laws of their parameters, are presented. Functional diagram and structural features are analyzed. Signals synthesis methods and used integrated circuits are discussed. The aspects of the real-time software-based control and the development unification in context of different complex signals generation are also considered. Results of performance test are given and compared with modeling results.

Keywords: signal generator, direct digital synthesis, quadrature digital converter, linear frequency modulation, phase coded modulation, pulse trains.

Необходимым элементом радиолокационной станции является формирователь зондирующих сигналов. Для многофункционального радиолокатора важно иметь широкое многообразие типов формируемых сигналов с различными законами модуляции их параметров по амплитуде, частоте и фазе.

От формирователя таких сигналов требуется обеспечить на выходе низкий уровень фазового шума и паразитных спектральных составляющих, а также - мгновенную перестройку по частоте или фазе с высокой степенью точности.

Существует много способов синтеза таких сигналов, но наиболее перспективным является метод прямого цифрового синтеза, позволяющий получить аналоговый сигнал путем генерации временной последовательности цифровых отсчетов сигнала в низкочастотной области с дальнейшим переносом сформированного сигнала в область высоких частот и преобразованием его в аналоговую форму посредством цифроаналогового преобразователя.

ЦФСМР, реализованный в разработке, позволяет синтезировать обширный диапазон типов сигналов в реальном масштабе времени, определяемый рабочими циклами РЛС. При этом, имеются широкие возможности по реализации различных видов модуляции по частоте, по фазе и по амплитуде, включая одновременное изменение этих параметров, как по линейному, так и по произвольному нелинейному закону. Благодаря реализованному в разработке программно – цифровому управлению и использованию в схемах синхронизации микросхем ПЛИС, формирователь сигналов характеризуется гибкостью настройки на конкретные типы сигналов без конструктивных доработок аппаратуры, компактностью исполнения, низким энергопотреблением и хорошим качеством выходного сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Баранова М.С., Филин С.Н.** Цифровой формирователь радиолокационных сигналов / Сборник докладов четвёртой научно-технической конференция молодых учёных и специалистов «Актуальные вопросы систем и средств ВКО» под ред. П.А. Созинова. – М.: ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2013. – С.211–218.
2. **Мёрфи Е., Слэттери К.** Все о синтезаторах DDS // Компоненты и технологии. – 2005, №1. – С.28–32.

DIGITAL SIGNAL GENERATOR OF THE MULTIFUNCTIONAL RADAR

S.N. Filin, M.S. Baranova

Necessary element of a radar station is the probing signals former. For a multifunctional radar it is important to have wide variety formed signal types with various modulation laws of their parameters: amplitude, frequency and a phase.

DSGMR for these signal types is obligated to have low phase and spectral noise ratio, fast and precise phase and frequency switching capability.

There are many ways to synthesize such signal types but the most perspective is the method of the direct digital synthesis, allowing to form an analog signal by digital samples generation of a signal in low-frequency area with the further carrying over of the generated signal to area of high frequencies and its transformation to the analog form by means of the digital-to-analog converter.

The developed DSGMR is capable to synthesize wide spectrum up different signal types in real-time scale assuming current radar operating mode. DSGMR offers the possibility to implement different modulation types: frequency modulation, frequency and phase modulation, including simultaneous changing of these parameters according to linear or arbitrary non-linear law. Due to implementing software-based control and using FPGAs in synchronization scheme, the DSGMR can be flexibly configured to generate particular signal types without any hardware redesign, it also offers compact hardware constructive implementation, low power consumption and good quality of the output signal.

УДК 621.396.96:621.391.26

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОГО СИГНАЛА С УЧЁТОМ ДВИЖЕНИЯ ЦЕЛИ

© Автор, 2014

А.Д. Хзмалян, доктор физико-математических наук, кандидат технических наук,
главный специалист направления,
НТЦ «Альтаир» ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

Разработана процедура оптимальной цифровой обработки радиолокационного сигнала с учётом перемещения цели во время её облучения и приведены статистические характеристики оценок скорости и дальности целей в зависимости от отношения сигнал/шум, полученные с её помощью на математической модели сигнала. Время обработки на офисном ПК составляет порядка нескольких секунд, что делает реализацию этой процедуры в реальном времени перспективной при применении современных высокопроизводительных вычислительных средств, в том числе для обработки сигналов в цифровой антенной решётке.

Ключевые слова: радиолокация, цифровая обработка сигналов.

A technique is developed of the optimal radar signal processing with allowance for the target motion during its illumination, and statistical characteristics of the target speed and range estimates as a function of the signal-to-noise ratio are obtained with its help based on a mathematical model of the signal. The processing time on a personal computer is about several seconds, which makes the real-time implementation of this technique very promising on modern high-performance computing means, also for the signal processing in a digital array.

Keywords: radar, digital signal processing.

Как правило, процедуры цифровой обработки сигналов не учитывают факт перемещения цели в процессе ее облучения зондирующим импульсом, то есть, приближенно считается, что принятый сигнал имеет ту же огибающую, что и излученный, только смещен по частоте и времени. В действительности, как известно, отраженный сигнал масштабируется в соответствии со скоростью цели. При высоких скоростях цели различие между этими двумя моделями становится заметным, игнорирование этого эффекта ведет к понижению динамического диапазона и ухудшению различимости целей.

В статье описана процедура оптимальной цифровой обработки сигнала с учетом перемещения цели за время ее облучения и приведены статистические характеристики измеренных параметров целей в зависимости от отношения «сигнал/шум», полученные с ее помощью на математической модели сигнала. Время обработки на офисном ПК составляет менее 1 с, что делает реализацию этой процедуры в реальном времени перспективной при применении современных высокопроизводительных вычислительных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобров Д.Ю., Доброжанский А.П., Зайцев Г.В., Маликов Ю.В., Цыпин И.Б. Цифровая обработка сигналов в многофункциональных РЛС // Цифровая обработка сигналов. – Ч.1, 2001, №4. С.2–11. – Ч.2, 2002, №1. С.28–39. – Ч.3, 2002, №2. – С.42–50.
2. Бакулев П.А., Степин В.М. Методы и устройства селекции движущихся целей. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.
3. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – М.: Советское радио, 1966. – 678 с.

RESULTS OF MODELING THE OPTIMAL DIGITAL RADAR SIGNAL PROCESSING WITH ALLOWANCE FOR THE TARGET MOTION

A.D. Khzmalyan

As a rule the digital signal processing techniques ignore the fact of target motion in the process of its illumination by the sounding signal, i.e., they approximately regard the received signal as having the same envelope as the radiated one shifted in frequency and time. Actually the reflected signal duration is known to scale up or down in accordance with the target speed. At high target speeds the difference between these two models becomes noticeable. Disregard of this phenomenon decreases the dynamic range and deteriorates the target resolution.

A technique is described of optimal digital signal processing that allows for the target motion during its illumination, and statistic characteristics of the measured target parameters as a function of the signal-to-noise ratio are obtained with its help based on a mathematical model of the return signal. On a personal computer, the processing time is on the order of one second, which makes the real-time implementation of this technique very promising, with the use of modern high-performance computation means.

УДК 621.38; УДК 621.391.

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ СОВМЕСТНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ СИГНАЛОВ, ОТРАЖЁННЫХ ОТ НИЗКОЛЕТЯЩИХ ЦЕЛЕЙ НА ФОНЕ НЕГАУССОВСКИХ ПОМЕХ

© Автор, 2014

В.А. Шаталова, кандидат технических наук, доцент,
Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург
E-mail: gonta-gv@yandex.ru

Рассматривается двухэтапный адаптивный алгоритм совместного обнаружения и оценивания сигналов, отражённых от низколетящих целей на фоне помех и гауссовских шумов в условиях многолучевого распространения электромагнитных волн. Сигналы и помехи представляют собой узкополосные случайные процессы со случайной амплитудой, распределенной по закону Вейбулла, и равномерно распределенной фазой. Анализируются характеристики обнаружения и оценивания параметров предложенных случайных сигналов и помех.

Ключевые слова: низколетящие цели, совместное обнаружение и оценивание сигналов, помехи, шумы.

There has been considered the two-stage adaptive algorithm of the joint detection and estimation of the signals returned from the low-flying targets against the backgrounds and Gaussian noises under the conditions of the multipath transmission of the electromagnetic waves. The signals as well as backgrounds are the narrow-band random processes with a random amplitude distributed under the Weibull law and well-distributed phase. The detection and estimation performance of the parameters of the offered random signals and backgrounds are analyzed.

Keywords: low-flying targets, joint detection and estimation of the signals, backgrounds, noise.

Рассматривается математическая постановка и решение задачи совместного обнаружения и оценивания сигналов, принимаемых от низколетящих объектов при наличии помех в условиях многолучевого распространения электромагнитных волн (ЭМВ). Предполагается, что сигналы и помехи представляют собой узкополосные случайные процессы (СП) со случайной амплитудой, распределенной по закону Вейбулла и случайной равномерно распределенной фазой. Такие СП названы модифицированными вейбулловскими СП. Показано, что на основе модифицированных вейбулловских СП можно сконструировать модели медленно флуктуирующих, быстро флуктуирующих, дисперсных, сигналов и помех с доплеровским рассеянием, а также с рассеянием по двум параметрам. В качестве аддитивного используется белый гауссовский шум (БГШ).

Предлагается рассматривать совместное обнаружение и оценивание параметров сигнала, принимаемого на фоне помех в условиях многолучевого распространения ЭМВ, как двухэтапную задачу проверки гипотез и оценки параметров. На первом этапе осуществляется решение задачи обнаружения и оценивания параметров многолучевого сигнала, принимаемого от объекта, на фоне помех и шумов. На втором этапе – решение задачи полного разрешения многолучевых сигналов, полученных в результате выполнения первого этапа. Оно сводится к определению числа лучей, по которым осуществляется прием сигналов (разрешение – обнаружение) и оценивание параметров каждого из сигналов.

Приводятся полученные аналитические выражения для многомерных условных плотностей распределения вероятностей (УПРВ), применяемых для проверки гипотез о наличии или отсутствии сигнала, принимаемого на фоне помех и шумов указанного выше типа в задачах обнаружения и оценивания параметров сигналов на фоне помех в условиях многолучевого распространения ЭМВ. Указанные одномерные и многомерные УПРВ относятся к классу неустойчивых, т.е. вид и описывающие их аналитические выражения зависят от числа слагаемых в сумме. Рассматриваются усеченные модифицированные вейбулловские СП как наиболее адекватные реальным сигналам и помехам.

В условиях параметрической априорной неопределенности числовых характеристик УПРВ для решения задач совместного обнаружения и оценивания используются оценки максимального правдоподобия, полученные по выборкам соответствующих СП.

Анализируются характеристики обнаружения и оценивания параметров предложенных случайных сигналов и помех в условиях многолучевого распространения ЭМВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Андреева Т.М.** Радиолокационные системы сопровождения низколетящих целей (Обзор состояния и тенденции развития) Обзорная информация. Серия: электроника и приборостроение / Под ред. В.М.Комарова. – М.: ВНИИПИ, 1990. – 76 с.
2. **Ван Трис Г.** Теория обнаружения, оценок и модуляции. Т.3. Обработка сигналов в радио- и гидролокации и приём случайных гауссовых сигналов на фоне помех. / Г.Ван Трис; пер. с англ.; под ред. В.Т.Горяинова. – М.: Сов. радио, 1977. – 664 с.
3. **Лукошкин А.П., Каринский С.С., Шаталов А.А. и др.** Обработка сигналов в многоканальных РЛС // под ред. А.П.Лукошкина. – М.: Радио и связь, 1983. – 328 с.
4. **Бачевский А.С., Бачевский С.В., Шаталов А.А., Шаталова В.А.** Математические модели сигналов, помех и шумов, принимаемых антенными системами в условиях многолучевого распространения электромагнитных волн. Труды Международной научно-технической конференции, посвященной 80-летию вуза «Системы и процессы управления и обработки информации» в 2 ч. – СПб: СЗТУ, Институт системного анализа, автоматике и управления, 2010. – С. 83–92.
5. **Шаталов А.А.** Адаптивные алгоритмы многомерной нелинейной обработки сигналов и характеристики эффективности их работы.– М.: Радиотехника и электроника, 2000, Т.45, №3. – С. 320–326.

THE ADAPTIVE ALGORITHM OF THE JOINT DETECTION AND ESTIMATION OF THE SIGNALS RETURNED FROM THE LOW-FLYING TARGETS AGAINST NON-GAUSSIAN NOISE

V.A. Shatalova

There has been considered the mathematical statement and the problem solving of the joint detection and estimation of the signals received from the low-flying objects with the noise environment under the conditions of the multipath transmission of the electromagnetic waves (EW).

It is supposed that the signals and backgrounds represent the narrowband random processes (RP) with the random amplitude distributed according to the Weibull law and a uniformly distributed random phase. Such random processes were called the modified Weibull RP. There has been demonstrated that on the basis of the modified Weibull RP it is possible to build the models of the slowly fluctuating/quickly fluctuating disperse signals and backgrounds with Doppler scattering as well as scattering on two parameters. The white Gaussian noise (WGN) is used as additive. There is proposed to consider the joint detection and estimation of parameters of a signal received against the backgrounds under the EW multipath transmission conditions as a two-stage problem of checking the hypotheses and the parameter estimation. At the first stage the problem solving of the detection and estimation of parameters of a multipath signal received from the object against backgrounds and noise is carried out. The second stage is the problem solving of a full discrimination of the multipath signals received as a result of the first stage performance. It reduces to the number definition of beams on which the signal acquisition is carried out and to the parameter estimation of every signal.

The obtained analytical expressions for the multivariable conditional densities of probability distributions (CDPD) applied for checking the hypotheses of the availability/lack of the signal received against the abovementioned backgrounds and noise in the signal parameter detection and estimation problems under the conditions of the EW multipath transmission are given. The pointed out one-dimensional and multivariable CDPD belong to the unstable class. The reduced modified Weibull RPs are considered as the most appropriated to the real signals and noise.

Under conditions of the parametric prior uncertainty of the CDPD numerical characteristics for the maximum likelihood estimates obtained from the corresponding RP samples are used to solve the problems of joint detection and estimation. The performance of detection and estimation of parameters of the random signals and noise under the EW multipath transmission conditions are analyzed.

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 371.322

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

© Авторы, 2014

А.Р. Бестугин, доктор технических наук, профессор,
директор, Институт радиотехники, электроники и связи
ФГАОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), г. Санкт-Петербург
E-mail: zlata@aanet.ru

С.Г. Пятко, доктор технических наук, профессор,
Генеральный директор, ОАО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург
E-mail: aspirantura@vniira.ru

А.Ю. Шатраков, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор,
зам. начальника управления ОАО «Концерн ГВО «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: shatrakov@yandex.ru

Ю.Г. Шатраков, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ,
учёный секретарь, заведующий базовой кафедрой, ОАО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург
E-mail: aspirantura@vniira.ru

В работе приведены результаты анализа требований работодателей к качеству подготовки специалистов и рекомендованы направления для их совершенствования и реализации.

Ключевые слова: специалист, инновации, работодатель, предприятие, физика, оптика, математика, радиотехника, моделирование, программирование.

This article presents results of investigations for demands of employers to young specialists.

Keywords: specialist, innovation, employer, enterprise, physics, optics, mathematics, radio engineering, modeling, programming complex.

В статье на основании результатов анализа подготовки специалистов (бакалавров, специалистов, магистров) в соответствии с действующими Государственными образовательными стандартами (ГОС) и мониторинга требований работодателей к уровню подготовки этих специалистов, выработаны требования к их профессиональной квалификации. Эти требования выработаны к четырём специальностям: 2130062, 21040068, 21020062, 16090565. Требования к знаниям классифицированы на основании анализа по 12 направлениям науки: физика, оптика, математика, радиотехника, микроэлектроника, моделирование систем, прикладные пакеты программ, государственные стандарты, программирование, управление в системах, базовые знания. В статье предложены мероприятия для закрепления специалистов на предприятиях, связанных с обеспечением воздушно-космической обороны.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шатраков А.Ю.** и др. Перспективные технологии приборостроения. – М.: Экономика, 2012. – 406 с.
2. **Захарькин К.Н.** и др. Компьютерные технологии в приборостроении. – Красноярск: ИПК, 2008. – 256 с.
3. **Шатраков А.Ю.** и др. Диссимметрия интеллектуального капитала предприятий. – М.: Экономика 2011. – 308 с.
4. **Шатраков А.Ю.** и др. Системный анализ в фундаментальных и прикладных исследованиях. – СПб: Политехника, 2014. – 482 с.
5. **Бестугин А.Р., Оводенко А.А.** Стратегия инновационного развития образования в ГУАП, обеспечивающая подготовку специалистов для предприятий оборонно-промышленного комплекса / Сборник трудов VII Санкт-Петербургского конгресса «Профессиональное образование, инновации в XXI веке». Комитет по науке и высшей школе. – СПб: НМСУ Горный, 2013 – С.48–50.
6. **Бестугин А.Р.** и др. Подготовка кадров для предприятий ОПК в Государственном университете аэрокосмического приборостроения / Сборник трудов VI Всероссийского совещания «Проблемы реализации государственного плана подготовки кадров для ОПК». – Ижевск: ИГТУ им. М.Т. Калашникова 2013. – С.45–50.
7. **Бестугин А.Р., Король В.М., Шатраков Ю.Г.** Развитие инновационной деятельности в образовательном учреждении при подготовке специалистов для предприятий радиоэлектроники / Премия правительства Санкт-Петербурга. 2012.
8. **Мальцева С.В.** В создании базовых кафедр заинтересованы и ВУЗы, и бизнес. – М.: РИА НОВОСТИ, 2014.
9. Отчёт по результатам исследования «Удовлетворенность работодателей качеством подготовки выпускников УлГУ». 2012. tgm.ulsu.ru
10. Уровень подготовки специалистов. Институт современного образования. МГТУ им.Н.Э. Баумана. 2012. isot.bmstu.ru
11. **Шатраков Ю.Г.** «О промышленной деятельности в Москве». Протокол «Объединенной коллегии по промышленной политике». Москва. URL: <http://zonazakona.ru> (дата обращения: 16.11.2006).
12. **Шатраков Ю.Г.** Закономерная поддержка процессов формирования кадрового потенциала инновационного развития России. Выступление в Государственной Думе. URL: <http://innovexpro.ru>, 8с (дата обращения: 03.04.2014).
13. URL: <http://www.edu.ru>.

PREPARATION SPECIALISTS FOR DEVELOPING RADIO ENGINEERING INTERPRISES AIR AND SPACE DEFENSE

A.R. Bestugin, S.G. Pytko, A.Yu. Shatrakov, Yu.G. Shatrakov

In this article on the basis of results of analysis preparation specialists (bachelors, specialists, masters) in accordance with national standards and through monitoring of employers to level preparation there specialists, developed requirements to their professional qualification. Such requirements developed to four specialties: 2130062, 21040068, 2120062, and 16090565. Requirements to expertise's classified on the basis analysis to 12 branches science's: physics, optics, mathematics, radio engineering, microelectronics technology, systems modeling, application software packages, national standards, programming, management systems, basic understanding. In this article proposed activities for fastening specialists in enterprises air and space defense.

ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

УДК 004.021

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТРЕНАЖЁРНЫХ СИСТЕМАХ ОБУЧЕНИЯ РУКОВОДСТВУ ПОЛЁТАМИ НА АВИАЦИОННЫХ ПОЛИГОНАХ

© Авторы, 2014

А.Ю. Иванов, аспирант, инженер 2 категории,
ОАО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург
E-mail: young3@yandex.ru

О.В. Панкова, инженер 1 категории,
ОАО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург
E-mail: olivia.82@mail.ru

А.П. Плясовских, доктор технических наук, начальник научно-исследовательской лаборатории,
ОАО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург
E-mail: vniira@yandex.ru

В статье предлагается алгоритм работы автоматизированного искусственного интеллекта в тренажерных системах для обучения руководству полетами на авиационных полигонах. Описанный искусственный интеллект самостоятельно принимает фразеологические и ситуационные решения, тем самым заменяя работу пилота-оператора. Обучение искусственного интеллекта осуществляется за счёт базы данных нестандартных фразеологических и ситуационно-логических шаблонов, пополняемой в процессе функционирования тренажерной системы.

Ключевые слова: искусственный интеллект, принятие решения, ситуационно-логические шаблоны, фразеологические шаблоны.

The paper proposes an algorithm of artificial intelligence (AI) in ATC training systems for air traffic control education on air firing ground. Described AI takes his own phraseological and air traffic situational solutions, as a pseudo pilot. AI education is implementing by means of phraseology and situationally-logical patterns data base, which complement during operation.

Keywords: artificial intelligence, decision making, situationally-logical templates, phraseological templates.

Отработка боевых упражнений требует от пилотов высокой морально-волевой и психологической устойчивости. В результате этого повышенное значение приобретают способности ГРП оперативно анализировать ВО и осуществлять грамотное руководство ЛА. Для приобретения подобных навыков необходим тренажер, который способен не только имитировать ВО, но так же и анализировать способы разрешения воздушных конфликтов, выбирая наилучшие варианты. Данную задачу можно решить на базе ЭВМ, реализующей алгоритм обработки ВО на основе ситуационно-логических шаблонов. Каждый шаблон характеризует определенную ВО и описывает решения возникших конфликтных ситуаций. ВО, для которых не обнаружено соответствия имеющимся шаблонам, анализируются оператором. В дальнейшем, согласно результатам анализа, оператор пополняет шаблонную базу.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Васильев С.А.** Искусственный интеллект сегодня // Наука в Сибири: еженед. газета Сибирского отделения РАН. – №8 (2444), 27 февраля 2004.
2. **Аверкин А.Н., Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А.** Толковый словарь по искусственному интеллекту. – М.: Радио и связь, 1992.
3. Искусственный интеллект. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence.
4. Психологические аспекты руководства полетами. Учебное пособие. Министерство обороны СССР. Военно-воздушные силы. – М.: Военное издательство, 1987.
5. *Russell & Norvig 2003, pp. 840–857, Luger & Stubblefield 2004, pp. 623–630.*
6. Федеральные авиационные правила по организации полигонной службы в государственной авиации. Приложение к Приказу Министра обороны Российской Федерации от 25 октября 2001. №431.

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TRAINING SYSTEMS OF FLIGHTING MANAGEMENT ON AIR FIRING GROUND

A.U. Ivanov, O.V. Pankova, A.P. Plyasovskih

Testing of combat exercises improvement requires increased moral, volitional and psychological stability of pilots. In the issue flight management team skills in quick analyse of air situation (AS) and implement good plains management get increase importance. To acquire the necessary skills required machine that can not only simulate AS but also to analyse methods of resolving the conflict situations, for choosing the best way. This problem has can be solved on computer basis system, implementing the algorithm of situationally-logical patterns. Each pattern has the definitions to describe and solve specific AS and conflict situations. AS is not found matching the available templates are analyzed by the operator. In the future operator adds the pattern base, according to analyse result.

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.391.2

ПРИМЕНЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЕ GPS

© Автор, 2014

И.А. Кирьянов,
инженер 2 категории, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: cucutnog@bk.ru

В статье рассмотрен вопрос помехоустойчивого кодирования информации кодами с малой плотностью проверок на четность и BCH кодом на примере сигнала L1C, используемого в глобальной навигационной спутниковой системе GPS-800C.

Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование, низкоплотностный код, BCH код.

The article describes error correction by low-density parity-check codes and BCH codes in GPS-800C system. L1C was decoded.

Keywords: coding, LDPC, BCH, L1C.

В статье рассмотрен вопрос защиты информации от помех посредством применения мощных помехоустойчивых техник коррекции ошибок на приёмной стороне в перспективной глобальной навигационной спутниковой системе GPS-800C.

Рассматриваемое сообщение со спутникового сегмента навигационной системы делится на 3 части и кодируется различными корректирующими кодами по отдельности. Первая часть закодирована кодом BCH. Вторая и третья части сообщения закодированы кодами с малой плотностью проверок на четность различной длины.

На имитационной модели полечены характеристики помехоустойчивости применяемых кодов. Осуществлено декодирование трех составных частей сигнала и проанализированы полученные результаты декодирования. Кроме того, проведена расшифровка декодированной информации, подтверждающая правильность декодирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. «*Enhancing the future of Civil GPS*», URL: http://www.eew.caltech.edu/docs/Betz_etal_L1C-Inside-GNSS_igm_042-049.pdf (дата обращения: 29.07.14).
2. **Важенин Н.А., Кирьянов И.А.** Оценка статистических характеристик функционирования LDPC-декодера на имитационной модели. URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=35250> (дата обращения 28.07.14).
3. **Кирьянов И.А.** Субоптимальное декодирование кодов с малой плотностью проверок на четность. Электромагнитные волны и электронные системы. – М.: Радиотехника, 2014, №5. С.47–51.
4. **Кирьянов И.А.** Исследование статистических характеристик декодирования низкоплотностных кодов. Информационно-измерительные и управляющие системы. – М.: Радиотехника, 2012, №10. – С.20–25.
5. **Кирьянов И.А.** Моделирование работы LDPC – декодера по алгоритму с распространением доверия по надёжностям. Информационные технологии в проектировании и производстве. – ФГУП ВИМИ, №4, 2012. – С.57–60.
6. **Морелос-Сарагоса Р.** Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2005. – 320 с.
7. **Gallager R.G.** *Low-Density Parity-Check Codes*. – *IRE Trans Info Theory*, 1962, vol. 8, №1. – pp.21–28.

FORWARD ERROR CORRECTION IN GPS SYSTEM

I.A. Kirianov

This paper is about forward error correction in GPS-800C system.

Satellite message is divided into 3 parts. The first part is coded by BCH code. The second part is coded by low-density parity-check code with 1200 bits. The third part is coded by low-density parity-check code with 548 bits.

In article investigates the characteristics of these codes. Moreover, navigation signal was decoded. Decoding results are analyzed. Decoded information validates error correcting decoding.

УДК 621.391.2

ПОВЫШЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕКОДИРОВАНИЯ КОДОВ С МАЛОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ПРОВЕРОК НА ЧЁТНОСТЬ

© Автор, 2014

И.А. Кирьянов,
инженер 2 категории, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: cucutnog@bk.ru

В статье предложен способ расчёта поправок к априорным «мягким» решениям демодулятора, позволяющий сократить вычислительную сложность декодирования при незначительном увеличении требуемой памяти для хранения внутренних переменных декодера.

Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование, радиосвязь, моделирование.

This paper proposes a method for calculating messages from check nodes. Method reduces the computational complexity by increasing memory requirements.

Keywords: LDPC, coding, communication, modeling.

Целью данной работы был анализ характерных особенностей существующих алгоритмов декодирования низкоплотностных кодов. На основе этих особенностей определены составные части алгоритмов декодирования, которые возможно оптимизировать с точки зрения вычислений.

Оптимизация заключается в упрощенном формировании поправок к априорным «мягким» решениям демодулятора и основана на формировании двух типов сообщений ко всем символьным узлам графа в рамках одной проверки на четность. Такой подход позволяет существенно сократить вычислительную сложность процедуры декодирования. Платой за это улучшение служат возрастающие требования к памяти декодера. Эффективность алгоритма при этом не страдает.

В работе проводится сравнение вычислительной сложности стандартного и модифицированного алгоритмов декодирования минимума суммы «Min-sum». Модифицированный алгоритм по количеству элементарных операций, выполняемых при декодировании, проще классического алгоритма в ~2.5 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Vasic B., Kurtas E.M.** *Coding and Signal Processing for Magnetic Recording Systems*. – CRC Press, 2004. – 701 p.
2. **Овечкин Г.В.** «Применение Min-sum алгоритма для декодирования блочных самоортогональных кодов» // Межвуз. сб. науч. тр. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем» – Москва, Горячая линия – Телеком, 2010. – С.99–105.
3. **Важенин Н.А., Кирьянов И.А.** Оценка статистических характеристик функционирования LDPC-декодера на имитационной модели. URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=35250> (дата обращения 04.07.14).
4. **Кирьянов И.А.** Субоптимальное декодирование кодов с малой плотностью проверок на чётность, Электромагнитные волны и электронные системы. – М.: Радиотехника, 2014, № 5. – С.47–51.
5. **Marc P.C. Fossorier, Miodrag Mihaljević, Hideki Imai,** «Reduced Complexity Iterative Decoding of Low-Density Parity Check Codes Based on Belief Propagation». – *IEEE Transactions on communications*, 1999, vol. 47, №5. – pp. 673–679.
6. **Морелос-Сарагоса Р.** Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение, – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2005. – 320 с.
7. **Кирьянов И.А.** Исследование статистических характеристик декодирования низкоплотностных кодов, Информационно-измерительные и управляющие системы. – М.: Радиотехника, 2012, №10. – С.20–25.

THE METHODS FOR IMPROVE THE COMPUTATIONAL EFFICIENCY OF LDPC DECODING

I.A. Kirianov

The purpose of this article was to analyze the characteristics of existing LDPC decoding algorithms. On the basis of these characteristics are defined components of decoding algorithms. These components can be optimized.

Optimization consists in simplified calculation of messages from check nodes. Check nodes form only two types of messages. This achieves a lower computational complexity. The disadvantage is the increasing memory requirements. Correction ability does not change.

Computational complexity of the standard and the modified algorithm «Min-sum» are compared. The modified algorithm is easier to 2,5 times.

УДК 351.814

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ БОРТОВОГО ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПОЛИГОНОВ В ВВС РФ

© Автор, 2014

С.А. Цурков, начальник научно-технического сектора,
ОАО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург
E-mail: tsurkovsergey@mail.ru

В статье рассматривается методика реализации бортового информационного комплекса, организующего взаимодействие между бортовым оборудованием самолёта и моделирующим комплексом.

Ключевые слова: бортовой информационный комплекс, электронный полигон, специальный цифровой вычислитель, моделирующий комплекс.

In the work the technique of realization of onboard information complex organizing interaction between onboard equipment of the plane and a modeling complex is considered.

Keywords: onboard information complex, the electronic range, special digital computer, modeling complex.

В настоящее время ведущие страны мира для отработки выучки летных экипажей военно-воздушных сил применяют виртуальные тактические полигоны. Реализация подобной системы требует взаимодействия моделирующего комплекса и реальных объектов. Моделирующий комплекс создает виртуальные объекты – математические модели самолетов, ракетных комплексов, радиолокационных станций. Реальными объектами являются самолеты, располагающие в составе своего штатного оборудования дополнительными электронными устройствами, позволяющими переносить свой физический образ в среду виртуального моделирования. Бортовой информационный комплекс, устанавливаемый на самолете, обеспечивает отображение виртуальных целей в бортовом радиолокационном комплексе, имитацию облучения средствами противовоздушной обороны предполагаемого противника, имитацию наличия и пуска ракетных систем, сбор информационных параметров полета для моделирования и контроля безопасности полета.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Филин А.Д.** Перспективные учебно-тренировочные комплексы для организации оперативно-тактической подготовки в военно-воздушных силах. – М.: РАН. Сборник научных трудов «Новые технологии», 2013. – С.177–183.
2. **Филин А.Д., Федотов С.П., Криворучко Ю.Т., Шатраков Ю.Г., Цурков С.А.** Тренажерно-моделирующий комплекс лётного состава и специалистов управления авиацией. – М.: Заявка на получение патента № 2013134286/20 от 22.07.2013. Положительное решение от 10.01.2014. С.10.
3. **Бестугин А.Р., Володягин А. В., Филин А.Д., Шатраков Ю.Г.** Электронные полигоны для организации тактической подготовки лётного и командного состава ВВС РФ. // Научный вестник «Военно-космической обороны». – М.: ОАО «ГСКБ Концерн ПВО «Алмаз-Антей», 2014, №2. – С.16.
4. **Филин А.Д.** Тренажерные комплексы радиолокационного контроля воздушного пространства / А.Д. Филин, А.Ю. Шатраков // СПб: ГУАП, 2013. – 222 с.

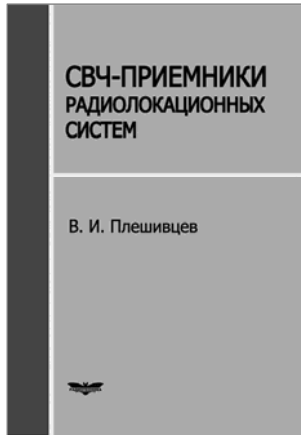
DESIGN METHODS OF AIRCRAFT ON-BOARD INFORMATION SYSTEMS IN APPLICATION TO VIRTUAL TRAINING OF THE RUSSIAN AIR FORCE

S.A. Tsurkov

Now the leading countries of the world use virtual tactical training grounds for training of air forces flight crews. Realization of the similar system requires of interaction between the modeling complex and the real objects. The modeling complex creates virtual objects – mathematical models of planes, missile systems, radar stations. Real objects are the planes having as a part of the regular equipment additional electronic devices allowing transfer physical image to virtual modeling medium. The onboard information complex located on the plane displays the virtual targets in the airborne radar complex, simulates a radiation of the alleged opponent air defense aids, simulates existence and start-up of missile systems, collection of flight information parameters for the flight safety modeling and monitoring.

НАУЧНЫЕ РЕЦЕНЗИИ И ОТЗЫВЫ

Редакция вводит новую рубрику «Научные рецензии и отзывы». В этой рубрике читатели познакомятся с наиболее интересными научными изданиями, опубликованными за последнее время. Авторами изданий являются учёные и специалисты организаций, тесно сотрудничающих с нашим журналом.



Плешивцев В.И. СВЧ-приёмники радиолокационных систем. Монография. – М.: Радиотехника, 2012. – 184 с.: ил.

Рецензенты: д-р техн. наук, профессор Е.М. Сухарев, канд. техн. наук, профессор М.Б. Митяшев.

В книге изложены характеристики и свойства устройств, связанных с разработкой СВЧ-приёмников современных радиолокационных систем. Автором затронуты вопросы, необходимые для полного понимания отраслевыми разработчиками, для чего и что они создают своей деятельностью на предприятии. Молодой разработчик, умеющий работать с компьютером, как пользователь измерительного или счётного прибора, должен познать процессы в устройствах, требуемые технические характеристики и находить сначала паллиативные решения, а в итоге обобщения, сделать правильный выбор схемы и перечня необходимых характеристик разрабатываемого устройства

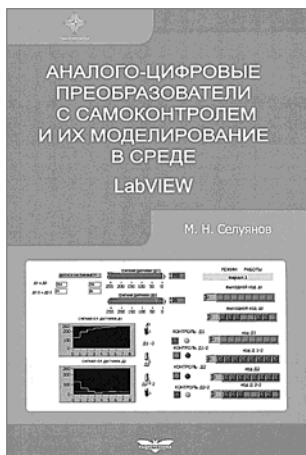
для закладки окончательных конструктивных решений.

Этого требуют возрастающие сложности радиолокационных средств по повышению их энергетического потенциала, точности, быстродействия, информационной содержательности сигналов, надёжности работы в реальной электромагнитной обстановке. Входящие в радиолокационные системы СВЧ-приёмные устройства выполняются из большого числа разнообразных радиоэлектронных элементов, поэтому теория радиоприема включает разделы: электродинамика; радиоэлектроника; авторегулирование; линейные и нелинейные цепи и др.

Некоторые материалы данного направления читались автором на кафедре «Радиолокация, радиоуправление и информатика» МФТИ по курсу «СВЧ-приём».

Решение автора о выпуске монографии определилось желанием помочь молодым специалистам высокотехнологических предприятий быстрее войти в рабочий ритм разработчиков.

Книга будет полезна радиоинженерам, работающим в данной предметной области, а также студентам и аспирантам профильных высших учебных заведений.



Селуянов М.Н. Аналого-цифровые преобразователи с самоконтролем и их моделирование в среде LabVIEW. Монография. – М.: Радиотехника, 2013. – 264 с.: ил.

Рецензент: канд. техн. наук, профессор В.С. Сперанский.

В измерительно-информационных системах, в средствах автоматического контроля радиоэлектронной аппаратуры широкое применение находят аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Несмотря на сравнительно большое количество разнообразных серийно выпускаемых АЦП, их характеристики точности и надёжности неидеальны. Поэтому применяют различные аппаратно-программные методы автоматической коррекции погрешностей АЦП.

Однако отсутствие самоконтроля до и после проведения автокоррекции погрешностей АЦП существенно снижает достоверность преобразуемой информации. В связи с этим весьма перспективными являются не

только методы и средства коррекции погрешностей АЦП, но и методы и средства их самоконтроля.

Широкое распространение находят АЦП на основе активной отказоустойчивости, когда при помощи средств самоконтроля осуществляется автоматическое обнаружение неисправностей, происходящих в АЦП, с последующим их устранением за счёт реконфигурации устройства или за счёт замены

отказавших АЦП на резервные. С одной стороны, средства самоконтроля позволяют сократить период скрытого отказа, уменьшают количество таких отказов и повышают эффективность структурного резервирования. С другой стороны, реализация функций самоконтроля и самодиагностики требует определенных затрат ресурсов, что приводит к росту суммарной интенсивности отказов и времени выполнения измерений, т.е. к снижению безотказности.

В связи с этим весьма актуальной является разработка функциональных схем высокоточных, отказоустойчивых АЦП, имеющих высокие значения достоверности самоконтроля, самодиагностики, обладающих способностью производить автокоррекцию погрешностей измерения и имеющих встроенные средства самокалибровки.

В настоящее время опубликовано много работ, посвящённых разработке различных типов АЦП, исследованию различных их характеристик, а также многочисленного справочного материала по микросхемам АЦП. Однако мало работ, в которых бы затрагивались вопросы оптимизации средств самоконтроля АЦП по критерию достоверность-стоимость, что создаёт значительные трудности для разработчиков АЦП при выборе методов и средств самоконтроля. Очевидно, что методы и средства самоконтроля АЦП будут достаточно эффективными, если они смогут обеспечить проверку АЦП с высокой достоверностью и с малыми затратами на её проведение.

В связи с этим в данной книге рассматриваются функциональные схемы различных вариантов самоконтролирующихся АЦП и обосновывается, что использование критерия «достоверность-стоимость» позволяет выбрать рациональный вариант средств самоконтроля АЦП.

Книга будет полезна для специалистов, занимающихся моделированием и проектированием аналого-цифровых и цифро-аналоговых устройств, а также специализирующимся в области разработки автоматизированных средств контроля и устройств с аналого-цифровой обработкой информации измерительно-информационных систем.



Автоматизированные системы управления воздушным движением: Учеб. пособие / А.Р.Бестугин, М.А.Велькович, А.В.Володягин [и др.]; под науч. ред. Ю.Г.Шатракова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Политехника, 2014. – 450 с.: ил.

Рецензенты: д-р техн. наук, профессор В.М. Алдошин, д-р техн. наук, профессор С.К. Колганов, д-р физ.-мат. наук, профессор А.И. Козлов.

В соответствии с Федеральными целевыми программами в разных регионах страны создаются и вводятся в эксплуатацию автоматизированные системы с центрами управления авиацией. Только в Московском регионе создается Центр, в зоне ответственности которого будет находиться несколько сотен воздушных судов, которыми необходимо управлять для возможности их взлёта, посадки на четырёх международных аэропортах и осуществления их полёта по трассам. Одновременно с этим как в нашей стране, так и за рубежом возрастает парк малой авиации, управление которой также осуществляется через автоматизированную систему. В настоящее время только в США парк малой авиации достиг уже 200 тысяч единиц.

В учебном пособии на высоком профессиональном и научном уровне рассматриваются такие вопросы, как планирование использования воздушного пространства; его диспетчерское обслуживание; работа персонала при возникновении аварийных ситуаций; методы, повышающие эффективность систем автоматического управления движением; алгоритмы и программы, снижающие конфликтные ситуации; методы обучения диспетчеров на тренажёрах, функционирование и возможности автоматизированных рабочих мест тренажёров.

Также в пособии изложены в необходимом для студентов, аспирантов и специалистов объёме принципы работы всех радиотехнических систем, их характеристики и порядок использования в автоматизированных системах управления авиацией. Пособие будет полезно аспирантам, чьи научные исследования затрагивают решение задач и разработку научно обоснованных предложений по повышению эффективности работы перспективных и существующих радиотехнических систем и комплексов широкого назначения, в том числе по специальностям «Автоматизированные системы обработки информации и управления», «Навигация и управление воздушным движением», «Радиоэлектронные системы», «Системный анализ, управление и обработка информации».

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

1. Представляемые рукописи должны соответствовать тематике журнала, быть оригинальными, не опубликованными ранее в других печатных или электронных изданиях.
2. Статья должна быть представлена в редакцию в следующем комплекте:
 - сопроводительное письмо, подписанное руководством организации;
 - акт экспертизы о возможности опубликования в открытой печати;
 - заявление о передаче права на публикацию;
 - в статье необходимо указать:
 - соответствующий индекс универсальной десятичной классификации литературы (УДК);
 - фамилии и инициалы авторов (на русском и английском языке);
 - ученую степень, ученое звание, должность, место работы (ПОЛНОСТЬЮ!), e-mail;
 - название статьи (на русском и английском языке);
 - аннотацию (5-10 строк) (на русском и английском языке);
 - ключевые слова (8-10 слов) (на русском и английском языке);
 - реферат (краткое содержание статьи на русском и английском языке);
 - список литературы (оформляется согласно ГОСТ Р 7.05-2008). Использованная 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 и греческие строчные следует набирать курсивом, а греческие прописные прямо. Векторы и матрицы следует набирать прямыми жирным шрифтом; «e» 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 (кегль 9, допускается снижение до 8 пункта). На каждую таблицу в тексте делается 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 300 DPI. В тексте ссылки на иллюстрации нумеруются и сопровождаются подписями.
7. В тексте, таблицах и подрисуночных подписях не допускается сокращения 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. Материал высылать в адрес редакции:

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