

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Министерство информационных технологий, связи и средств массовой информации
Нижегородской области

УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕСУРСОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА

ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

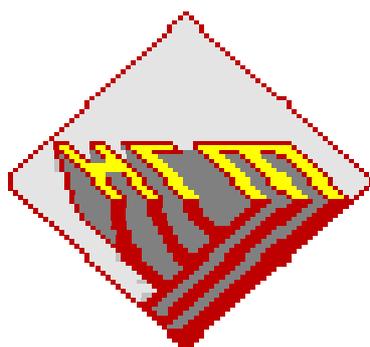
РОССИЙСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РАДИОТЕХНИКИ,
ЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ им. А.С. ПОПОВА

**VII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
«IT FORUM 2020 / ЭВОЛЮЦИЯ»**

**XX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
И ТЕХНОЛОГИИ» ИСТ–2014**

посвященная 100-летию профессора Г.В. Глебовича



МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

НИЖНИЙ НОВГОРОД 2014

УДК 621:681

ББК 32.97

И645

Конференция посвящается 100-летию основателя наносекундной техники профессора
Г.В. Глебовича

В сборнике представлены материалы докладов XX Международной научно-технической конференции, проведенной в рамках VII Международного форума информационных технологий «IT FORUM 2020 / ЭВОЛЮЦИЯ» 18 апреля 2014 г. дирекцией Института радиоэлектроники и информационных технологий при поддержке, оказанной министерством информационных технологий, связи и средств массовой информации Нижегородской области, ректоратом НГТУ им. Р.Е. Алексеева и Нижегородским областным правлением РНТО РЭС им. А.С. Попова.

Публикуемые материалы представляют тематику, круг научных интересов и состояние исследований представителей научных и высших учебных заведений Белоруссии, Украины, США, Эстонии, Австралии, КНР, Южной Кореи, Вьетнама и 15 городов России - преподавателей, научных сотрудников, докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов-участников НИРС, а также сотрудников МГТУ им. Н.Э.Баумана, МГУП им. И.Федорова, МГУПИ, Саровского физико-технического института НИЯУ «МИФИ», Московского городского психолого-педагогического университета, Академии ФСО РФ, Владимирского государственного университета, Ижевского государственного технического университета, Новороссийской морской государственной академии им. адм. Ф.Ф.Ушакова, Липецкого государственного технического университета, Уральского федерального университета, Национального исследовательского Томского государственного политехнического университета, Ульяновского государственного технического университета, Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, Волжской государственной академии водного транспорта, Нижегородской государственной консерватории, Нижегородского филиала ГУ ВШЭ, Нижегородского государственного лингвистического университета, Волго-Вятского филиала МТУСИ, ИПФ РАН, НИИИС им. Ю.Е.Седакова, НИРФИ, НИФТИ, НИПИ «Сириус-2», НПП «Полет», ННИПИ «Кварц», ГК «Мера», ОАО «Гипрогазцентр», РФЯЦ-ВНИИЭФ, и представителей других организаций.

Организационный комитет:

С.М. Дмитриев (председатель), А.А. Стешин (зам. председателя), М.В. Ширяев, Н.Ю. Бабанов, В.Г. Баранов, Ю.Г. Белов, О.Г. Берестнева, В.И. Есипенко, В.В. Кондратьев, А.А. Куркин, И.Н. Мерзляков, В.Р. Милов, С.Л. Моругин, А.С. Раевский, С.Б. Раевский, А.Г. Рындык, С.Г. Сажин, Э.С. Соколова, М.В. Ульянов, В.А. Утробин, В.П. Хранилов, В.Л. Ягодкин

ISBN 978-5-9902087- 5-9

© Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е. Алексеева, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ	страницы
<u>ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ.....</u>	<u>5</u>
СЕКЦИЯ 1	
<u>РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА.....</u>	<u>11</u>
СЕКЦИЯ 2	
<u>ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ</u> <u>ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ.....</u>	<u>51</u>
СЕКЦИЯ 3	
<u>ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ.....</u>	<u>101</u>
СЕКЦИЯ 4.1	
<u>ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ</u> <u>АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....</u>	<u>151</u>
СЕКЦИЯ 4.2	
<u>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</u> <u>(АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ).....</u>	<u>191</u>
СЕКЦИЯ 5.1	
<u>ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА</u> <u>(СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ).....</u>	<u>241</u>
СЕКЦИЯ 5.2	
<u>ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА</u> <u>(ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ).....</u>	<u>281</u>
СЕКЦИЯ 5.3	
<u>ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА</u> <u>(ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ</u> <u>КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ).....</u>	<u>331</u>
СЕКЦИЯ 6	
<u>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ</u> <u>ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....</u>	<u>371</u>
<u>АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....</u>	<u>342</u>

СЕКЦИЯ 1
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА
(Ауд. 5427)

Председатель: д.ф.-м.н., профессор В.И.Есипенко
Секретарь: магистрант О.В. Серебренникова

В.И. СЛЮСАР (д.т.н., профессор), **А.А. ЗИНЧЕНКО** (к.т.н., доцент)
(Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины, Национальный университет обороны Украины)
[ФАЗОВАЯ ДАЛЬНОМЕТРИЯ С ДЕЦИМАЦИЕЙ ОТСЧЕТОВ АЦП](#)

Н.В. БЫХАНОВА (инженер), **С.Г. МОСИН** (к.т.н.)
(ООО «ФС Сервис», Владимирский государственный университет им. Н.Г. и А.Г. Столетовых)
[СТРУКТУРНОЕ РЕШЕНИЕ ТЕСТОВОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ПОДСИСТЕМ ВСТРОЕННОГО САМОТЕСТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СХЕМ](#)

С.А. ВИЛОВ (магистрант), **В.В. КАЗАКОВ** (д.т.н.)
(Институт прикладной физики РАН, Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского)
[ИЗМЕРЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОПРОЦЕССОРОВ](#)

Е.В. ПРОКОФЬЕВ (к.т.н., с.н.с.)
(Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского)
[ГАММА КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ КОНТУРОВ РЕГЛАМЕНТИРУЕМЫХ КОЛЕБАНИЙ](#)

М.М. ВЕНЕДИКТОВ, **В.К. КИСЕЛЕВ** (д.ф.-м.н.)
(ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седакова», Нижний Новгород)
[МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИОНОВ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА НА БИС ТЕХНОЛОГИИ КМОП/КНД ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ](#)

А.И. ПИХТЕЛЕВ (д.т.н., проф.), **Н.А. ПИХТЕЛЕВ** (к.т.н.)
(ОАО «ФНПЦ ННИПИ «КВАРЦ»»; ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е.Седакова»)
[МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ В РУБИДИЕВОМ ОПОРНОМ ГЕНЕРАТОРЕ](#)

В.И. ВАСИЛЬЕВ
(ОАО «ФНПЦ «ННИПИ «КВАРЦ»»)
[ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ СВЧ-РЕЗОНАТОРА В АКТИВНОМ ВОДОРОДНОМ СТАНДАРТЕ ЧАСТОТЫ](#)

Н.С. БУДНИКОВ (к.ф.-м.н., ст.н.с.), **В.Е. КОТОМИНА** (вед. инженер), **Т.В. ШАРГАВНИНА** (студентка)
(Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)
[РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ФОТОРЕЗИСТИВНОЙ МАСКИ ПО ДАННЫМ РАСТРОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ](#)

В.В. АРТЕМЬЕВ (аспирант), **М.О. ШАМШИН** (магистрант),
(Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского)
[МОДЕЛИРОВАНИЕ ШУМОВЫХ СВОЙСТВ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО РЕКУРСИВНОГО ЗВЕНА](#)

В.Н. БУГРОВ (к.т.н., доцент), **В.В. АРТЕМЬЕВ** (аспирант), **Л.А. ЧАСТИКОВА** (студентка)
(Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского)
[МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИНТЕЗ РЕКУРСИВНЫХ ВСЕПРОПУСКАЮЩИХ ЦНП-ФИЛЬТРОВ С ЛИНЕЙНОЙ ФАЗОЙ](#)

И.В. ГРИНЬ (студент), **Р.А. ЕРШОВ** (магистрант), **О.А. МОРОЗОВ** (д.ф.-м.н., доцент)
(Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского)
[ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ыЧИСЛИТЕЛЬНО-ЭФФЕКТИВНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ВРЕМЕННЫХ ЗАДЕРЖЕК](#)

С.С. ЗЕЛЬМАНОВ (доцент)

(Волго-Вятский филиал Московского технического университета связи и информатики)

СИНТЕЗИРОВАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СИГНАЛА НА ОСНОВЕ РЕЗОНАНСА ФОРМЫ

С.В. ЗИМИНА (к.ф.-м.н., доцент)

(Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

МАТРИЦА КОВАРИАЦИИ ВЕКТОРА ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ АДАПТИВНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ, НАСТРАИВАЮЩЕЙСЯ ПО АЛГОРИТМУ LMS С КВАДРАТИЧНЫМ ОГРАНИЧЕНИЕМ

А.О. ТРУШКОВ (аспирант), **В.Р. ФИДЕЛЬМАН** (д.т.н., профессор), **С.Л. ХМЕЛЕВ** (к.ф.-м.н.)

(Научно-исследовательский физико-технический институт Нижегородского Государственного университета им. Н.И. Лобачевского (НИФТИ ННГУ))

ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛОВ В ШИРОКОМ ЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ И ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

В.Г. СПИРИН (д.т.н., доцент)

(Арзамасский политехнический институт)

РАСЧЁТ РАЗМЕРОВ РЕЗИСТОРА ФОРМЫ МЕАНДР

А.А. СИРОТИНА (магистрант), **П.А. УШАКОВ** (д.т.н.)

(Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова)

МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ РС(T)-ЛИНИИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

О.А. МОРОЗОВ (д.ф.-м.н.), **Ю.А. СЕМИН** (н.с.), **Д.Н. ЯКУНИНА** (магистрант)

(Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

ОЦЕНКА НАЧАЛЬНОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ В ЗАДАЧАХ МЕСТООПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ ПАССИВНОЙ СИСТЕМОЙ

В.А. ГРАЧЕВ (аспирант), **Г.И. УСПЕНСКАЯ** (к.ф.-м.н., доцент),

Д.И. ТЕТЕЛЬБАУМ (д.ф.-м.н., профессор)

(Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

ОБЩНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В МАТЕРИАЛАХ ПОСЛЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В.И.ЕСИПЕНКО (д.ф.-м.н.), **А.А.БЕРНЮКОВ** (магистрант)

(Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМНИКОВ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ С АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ ПРИ НАЛИЧИИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ ПОМЕХИ

В.И.ЕСИПЕНКО (д.ф.-м.н.), **Н.В.ДОЛГОВ** (магистрант)

(Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ НЕЛИНЕЙНОЙ ОБРАБОТКЕ В КВАДРАТУРНЫХ КАНАЛАХ ПРИЕМНИКА

В.С. СЮВАТКИН (доцент), **О.В. СЕРЕБРЕННИКОВА** (магистрант)

(Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева)

АНАЛИЗ СЛЕПЫХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ПРИЕМА OFDM СИГНАЛОВ

Ф.Н. КОВАЛЕВ (к.т.н., доцент)

(Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева)

ДВУХЧАСТОТНЫЙ ФАЗОВЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ В ПРОСВЕТНЫХ РАДИОЛОКАТОРАХ

Ф.Н. КОВАЛЕВ (к.т.н., доцент)

(Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева)

УСТРАНЕНИЕ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ПРОСВЕТНОМ РАДИОЛОКАТОРЕ С АНТЕННОЙ РЕШЕТКОЙ

Р.С. ФАДЕЕВ (аспирант), **А.В. МЯКИНЬКОВ** (д.т.н., профессор)
(Нижегородский государственный университет им. Р.Е. Алексеева)

ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ЦЕЛЕЙ В МНОГОПОЗИЦИОННЫХ ПРОСВЕТНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ С ПОДВИЖНЫМИ ПОЗИЦИЯМИ

С.В. ШИШАНОВ (аспирант), **А.В. МЯКИНЬКОВ** (д.т.н., профессор)
(Нижегородский государственный университет им. Р.Е. Алексеева)

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ЧАСТОТНОГО КАЧАНИЯ ЛУЧА ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННЫ В АВТОМОБИЛЬНОМ РАДАРЕ

А.В. ЯСТРЕБОВ (аспирант), **А.В. МЯКИНЬКОВ** (д.т.н., профессор)
(Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева)

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА РАЗМЕЩЕНИЯ КОМПЕНСАЦИОННЫХ КАНАЛОВ НА ПОЛОТНЕ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА КАЧЕСТВО ПОДАВЛЕНИЯ АШП АВТОКОМПЕНСАТОРОМ

И. А. НАСЕТКИН (инженер), **А. А. АЛИМОВ** (инженер), **А. Н. АГАЛАКОВ** (вед.инженер),
С.С. ДЕРЕВЯГИН (вед.инженер), **Е.В. КОЛПАКОВА** (инженер-технолог I к.),
Д.Е. ОРЕХОВ (инженер-технолог I к.)
(ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е.Седакова»)

МОДУЛЬ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ НА ОСНОВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАТ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ LTCC

А.В.ЗЕНЬКОВИЧ (д.т.н.), **В.Л.БАЛЛО**, **В.Б.ДОБРОВОЛЬСКИЙ**
(Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева)

НЕЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ ЧМ СИГНАЛОВ, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО СИНТЕЗА

Н.Ю.БАБАНОВ (к.т.н., доцент), **С.В.ЛАРЦОВ** (д.т.н., профессор)
(Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева)

О ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ ЗАЩИЩЕННОСТИ ОТ КЛОНИРОВАНИЯ

В.И. СЛЮСАР (д.т.н., профессор), **А.А. ЗИНЧЕНКО** (к.т.н., доцент)

(Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных
Сил Украины, Национальный университет обороны Украины)

ФАЗОВАЯ ДАЛЬНОМЕТРИЯ С ДЕЦИМАЦИЕЙ ОТСЧЕТОВ АЦП

Один из вариантов реализации фазового метода измерения дальности состоит в последовательном облучении целей сигналами разных частот, разнесенными на постоянный частотный интервал Δf . При цифровой обработке сигналов в этом случае задача оценки дальности сводится к решению алгебраического уравнения, сформированного по отсчетам напряжений сигналов разных частот. Однако ограничением известных реализаций такого подхода является применение непосредственной обработки выходных отсчетов аналого-цифрового преобразователя (АЦП), что при высокой скорости оцифровки сигналов накладывает определенные ограничения на быстродействие устройств измерения дальности. Более эффективным в этом случае является использование операции децимации отсчетов АЦП, что позволяет прореживать информационный поток с целью снижения нагрузки на устройства обработки сигналов. Ниже приведен цифровой метод фазовых измерений дальности с последовательным облучением целей сигналами разных частот, основанный на применении децимации отсчетов АЦП.

Сформируем систему уравнений, позволяющую осуществить расчет дальности цели фазовым методом. Отберем для формирования системы уравнений пару отсчетов выходного сигнала дециматора разных частот. Пренебрегая наличием шумов, получим:

$$\begin{cases} U_{1,y} = \mathfrak{A}_1 F_1(r) Z(f_1); \\ U_{2,y} = \mathfrak{A}_2 F_2(r) Z(f_2), \end{cases} \quad (1)$$

где $F_k(r) = \exp(j2\pi r f_k c^{-1})$, r - дальность цели, f_k - частота сигнала в k -м зондировании, c - скорость света, \mathfrak{A}_k - комплексная амплитуда сигнала k -й частоты (полагается неизменной на протяжении всего существования сигнала k -й частоты), $Z(f_k)$ - значение амплитудно-частотной характеристики дециматора на частоте f_k .

Разделим второе уравнение системы (1) на первое:

$$\frac{U_{2,y}}{U_{1,y}} = \frac{\mathfrak{A}_2 F_2(r) Z(f_2)}{\mathfrak{A}_1 F_1(r) Z(f_1)}.$$

Отсюда,

$$\frac{F_2(r)}{F_1(r)} = \frac{U_{2,y}}{U_{1,y}} \frac{Z(f_1)}{Z(f_2)} \frac{\mathfrak{A}_1}{\mathfrak{A}_2}. \quad (2)$$

С другой стороны,

$$\frac{F_2(r)}{F_1(r)} = \frac{\exp(j2\pi r f_2 c^{-1})}{\exp(j2\pi r f_1 c^{-1})} = \exp\left(j \frac{2\pi r f_2}{c} - \frac{2\pi r f_1}{c}\right) = \exp\left(j \frac{2\pi r \Delta f}{c}\right), \text{ где } \Delta f = f_2 - f_1.$$

В итоге, получим:

$$\exp\left(j \frac{2\pi r \Delta f}{c}\right) = \frac{U_{2,y}}{U_{1,y}} \frac{Z(f_1)}{Z(f_2)} \frac{\mathfrak{A}_1}{\mathfrak{A}_2}. \quad (3)$$

Возьмем натуральный логарифм от левой и правой частей уравнения (3):

$$j \frac{2\pi r \Delta f}{c} = \ln\left(\frac{U_{2,y}}{U_{1,y}} \frac{Z(f_1)}{Z(f_2)} \frac{\mathfrak{A}_1}{\mathfrak{A}_2}\right). \quad (4)$$

Решением уравнения (4) относительно неизвестной оценки дальности r будет соотношение:

$$r = \operatorname{Re}\left[j \frac{c}{2\pi \Delta f} \ln\left(\frac{U_{2,y}}{U_{1,y}} \frac{Z(f_1)}{Z(f_2)} \frac{\mathfrak{A}_1}{\mathfrak{A}_2}\right) \right]. \quad (5)$$

СЕКЦИЯ 1 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

Таким образом, для измерения дальности цели предложенным фазовым методом необходимо иметь информацию о соотношении комплексных амплитуд двух гармонических сигналов разных частот и вычислить соотношение комплексных напряжений откликов дециматора с одинаковым номером следования в каждом из двух периодов зондирования. При этом считается, что частоты сигналов известны: например, предварительно были оценены либо доплеровские сдвиги частот являются достаточно малыми, чтобы пренебречь сдвигом частот относительно их значений в момент излучения.

Выражение (5) может быть упрощено, если выполняется условие равенства комплексных амплитуд сигналов двух частот, т.е. $\alpha_1 = \alpha_2$, в результате:

$$r = \operatorname{Re} \left[j \frac{c}{2\pi\Delta f} \ln \left(\frac{U_{2,y}}{U_{1,y}} \frac{Z(f_1)}{Z(f_2)} \right) \right]. \quad (6)$$

Выполнение условия совпадения комплексных амплитуд основывается на излучении сигналов с одинаковой начальной фазой и незначительным частотным разнесением $\Delta f = f_2 - f_1$, что позволяет пренебрегать проявлением частотной зависимости комплексного коэффициента отражения сигналов от цели. Реальные отклонения от такого условия будут приводить к появлению определенных погрешностей в измерении дальности, однако не лишат предложенный метод работоспособности.

Получим далее оптимальный по методу наименьших квадратов вариант процедуры фазовой дальнометрии с децимацией отсчетов АЦП, в котором бы были задействованы в обработку напряжения нескольких откликов дециматора. Для этого воспользуемся выражением (2), записав его обобщение на случай произвольных выходных отсчетов дециматора при условии $\alpha_1 = \alpha_2$:

$$\frac{U_{2,y} Z_{y+p}(\omega_1)}{U_{1,y+p} Z_y(\omega_2)} = \frac{F_2(r)}{F_1(r)} = D.$$

Отсюда, получим равенство:

$$U_{2,y} Z_{y+p}(\omega_1) = U_{1,y+p} Z_y(\omega_2) D,$$

которое позволяет сформировать функционал невязок для P отсчетов напряжений вида:

$$L = \sum_{p=1}^P \{ U_{2,y} Z_{y+p}(\omega_1) - U_{1,y+p} Z_y(\omega_2) D \}^2 = \min. \quad (7)$$

Рассматривая в (7) в качестве неизвестной величины D, вычислим по ней производную от (7) и запишем уравнение правдоподобия:

$$\frac{\partial L}{\partial D} = \sum_{p=1}^P \{ U_{2,y} Z_{y+p}(\omega_1) - U_{1,y+p} Z_y(\omega_2) D \} \cdot U_{1,y+p} Z_y(\omega_2) = 0,$$

из которого можно получить оптимальную оценку D:

$$D_{opt} = \frac{\sum_{p=1}^P U_{2,y} Z_{y+p}(\omega_1) U_{1,y+p} Z_y(\omega_2)}{\sum_{p=1}^P (U_{1,y+p} Z_y(\omega_2))^2}. \quad (8)$$

Поскольку $\frac{F_2(r)}{F_1(r)} = D = \exp \left(j \frac{2\pi r \Delta f}{c} \right)$, окончательно имеем оптимальную оценку расстояния

$$r_{opt} = \operatorname{Re} \left[j \frac{c}{2\pi\Delta f} \ln(D_{opt}) \right].$$

Работоспособность предложенного метода фазового оценивания дальности была проверена путем математического моделирования. Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на анализе достижимой точности дальнометрии, особенно при условиях наличия аддитивных и фазовых шумов.

E-mail: swadim@inbox.ru

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

	стр.
АГАЛАКОВ	А.Н. 46
АЛИМОВ	А.А. 46
АРТЕМЬЕВ	В.В. 20
АРТЕМЬЕВ	В.В. 21
БАБАНОВ	Н.Ю. 48
БАЛЛО	В.Л. 47
БЕРНЮКОВ	А.А. 33
БУГРОВ	В.Н. 21
БУДНИКОВ	Н.С. 19
БЫХАНОВА	Н.В. 13
ВАСИЛЬЕВ	В.И. 18
ВЕНЕДИКТОВ	М.М. 16
ВИЛОВ	С.А. 14
ГРАЧЕВ	В.А. 32
ГРИНЬ	И.В. 23
ДЕРЕВЯГИН	С.С. 46
ДОБРОВОЛЬСКИЙ	В.Б. 47
ДОЛГОВ	Н.В. 34
ЕРШОВ	Р.А. 23
ЕСИПЕНКО	В.И. 33
ЕСИПЕНКО	В.И. 34
ЗЕЛЬМАНОВ	С.С. 24
ЗЕНЬКОВИЧ	А.В. 47
ЗИМИНА	С.В. 26
ЗИНЧЕНКО	А.А. 11
КАЗАКОВ	В.В. 14
КИСЕЛЕВ	В.К. 16
КОВАЛЕВ	Ф.Н. 36
КОВАЛЕВ	Ф.Н. 38
КОЛПАКОВА	Е.В. 46
КОТОМИНА	В.Е. 19
ЛАРЦОВ	С.В. 48
МОРОЗОВ	О.А. 23
МОРОЗОВ	О.А. 31
МОСИН	С.Г. 13
МЯКИНЬКОВ	А.В. 40
МЯКИНЬКОВ	А.В. 42
МЯКИНЬКОВ	А.В. 44
НАСЕТКИН	И.А. 46
ОРЕХОВ	Д.Е. 46
ПИХТЕЛЕВ	А.И. 17
ПИХТЕЛЕВ	Н.А. 17
ПРОКОФЬЕВ	Е.В. 15
СЕМИН	Ю.А. 31
СЕРЕБРЕННИКОВА	О.В. 35
СИРОТИНА	А.А. 30
СЛЮСАР	В.И. 11
СПИРИН	В.Г. 29
СЮВАТКИН	В.С. 35
ТЕТЕЛЬБАУМ	Д.И. 32
ТРУШКОВ	А.О. 27
УСПЕНСКАЯ	Г.И. 32
УШАКОВ	П.А. 30
ФАДЕЕВ	Р.С. 40
ФИДЕЛЬМАН	В.Р. 27
ХМЕЛЕВ	С.Л. 27
ЧАСТИКОВА	Л.А. 21
ШАМШИН	М.О. 20
ШАРГАВНИНА	Т.В. 19
ШИШАНОВ	С.В. 42
ЯКУНИНА	Д.Н. 31
ЯСТРЕБОВ	А.В. 44

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ
ИСТ-2014**

**МАТЕРИАЛЫ
XX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Ответственный за выпуск: директор ИРИТ **В.Г.Баранов**
Редактирование и компьютерная верстка: **В.П.Хранилов**

Подписано в печать 28.03.14. Формат CD.
Электронное издание. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 27,0. Уч.-изд. л. 23,5. Тираж 300 экз. Заказ 04.04.2014 .

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.
Институт радиозлектроники и информационных технологий НГТУ
Адрес университета:
603950, ГСП-41, Н.Новгород, ул.Минина, 24.