

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Душина Сергея Викторовича на тему «Разработка методов повышения эффективности корреляционного принципа компенсационного подавления эхосигналов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Актуальность и общая характеристика работы. Диссертация Душина С.В. посвящена разработке и исследованию характеристик алгоритмов адаптивной компенсации эхосигналов, построенных на основе корреляционного критерия адаптации.

Алгоритмы адаптивной эхокомпенсации, построенные на корреляционном принципе, обладают высокой помехоустойчивостью и могут быть использованы для адаптации эхокомпенсаторов при непрерывном действии встречных сигналов или аддитивных шумов. Необходимость адаптации эхокомпенсационных средств в таких условиях возникает в целом ряде современных телекоммуникационных приложений, например, при подавлении на промежуточной частоте эхосигналов спутниковых приемопередатчиков, работающих на двух частотах (технология Carrier-in-Carrier). Эта технология на сегодня продолжает свое развитие, а существующие решения имеют существенные ограничения, в том числе связанные с недостаточной скоростью сходимости. Поэтому диссертационная работа Душина С.В. своевременна и актуальна.

Представленная на отзыв диссертация изложена в 5 главах, содержит 199 страниц, из них 162 основного текста, включая 61 рисунок, 28 таблиц, список литературы из 131 наименования и 3 приложения на 36 страницах. Работа обладает внутренним единством, методически правильно построена структурно. Работа написана хорошим научным языком и оформлена в соответствии с требованиями. Автореферат достаточно подробно освещает суть работы.

В первой главе диссертации произведен аналитический обзор и анализ основных методов борьбы с мешающим воздействием эффекта электрического эха в системах связи. Проведен анализ достоинств и недостатков компенсационного принципа подавления эхосигнала, рассмотрены основные прикладные задачи техники компенсации эхосигналов в телекоммуникациях.

Определены основные задачи техники компенсации экосигналов в современных телекоммуникационных приложениях и выделены те из них, в которых могут быть применены результаты диссертационной работы.

Во второй главе приведен подробный структурированный аналитический обзор алгоритмов адаптивной настройки устройств компенсации экосигналов и представлена классификация этих алгоритмов. Для основных алгоритмов в каждом из классов определена их математическая связь с общими положениями теории оптимального винеровского оценивания, а также рассмотрены их главные свойства, такие как скорость сходимости, помехоустойчивость и вычислительная сложность. Наиболее подробно рассмотрены математические основы корреляционного алгоритма и осуществлен вывод описывающих его уравнений из уравнения Винера-Хопфа и рассмотрен вопрос классификации этого алгоритма.

В третьей главе представлены методика и результаты исследования корреляционного алгоритма подавления экосигналов. Результаты исследований представлены в виде зависимостей его функциональных характеристик от свойств активного сигнала, формы импульсной характеристики экотракта, времени оценки функции взаимной корреляции, количества отводов трансверсального фильтра, параметра адаптации и др. Согласно выводам второй главы, корреляционный алгоритм обладает высокой робастностью, однако скорость его сходимости относительно невелика и существенным образом зависит от времени усреднения функции взаимной корреляции и порядка трансверсального фильтра. Из представленных результатов логично вытекает, что корреляционный алгоритм обладает существенными недостатками, необходимость устранения которых является мотивацией для исследований, проведенных в четвертой и пятой главах.

Четвертая глава посвящена разработке алгоритмов реализации корреляционного принципа адаптации эхокомпенсаторов. В частности, разработан новый алгоритм, названный в работе "минимальная корреляция виртуальных сигналов" (МКВС) и рассмотрены вопросы снижения его вычислительной сложности. В ходе теоретических исследований предложен еще один алгоритм, являющийся математическим эквивалентом МКВС для стационарных сигналов, требующий значительно меньшего объема вычислений.

В этой же главе разработаны два вспомогательных метода, позволяющие улучшить функциональные характеристики алгоритмов, реализующих корреляционный принцип адаптации эхокомпенсаторов. А именно,

разработаны метод снижения влияния пауз в активном сигнале на процесс адаптации и метод повышения помехоустойчивости.

Предложенные алгоритмы и методы строго обоснованы, описаны аналитически и спрогнозирована возможная эффективность этих методов.

В пятой главе предложена методика и представлены результаты исследований предложенных в работе алгоритмов и методов. Согласно результатам исследований, проведенных на основе разработанных компьютерных моделей, алгоритм МКВС обладает высокой скоростью сходимости, которая значительно превышает скорость сходимости корреляционного алгоритма, и высокой помехоустойчивостью, которая при этом зависит от количества отсчетов оценки функции взаимной корреляции активного сигнала и виртуального остаточного эхосигнала, а также от параметра адаптации. Методы снижения влияния пауз и повышения помехоустойчивости также доказали высокую эффективность. Согласно приведенным в диссертации результатам, метод снижения влияния пауз позволяет практически полностью исключить расхождение эхокомпенсатора во время пауз в активном сигнале, а метод повышения помехоустойчивости позволяет повысить уровень подавления эхосигнала на фоне действия аддитивных шумов на 12 дБ по сравнению с алгоритмом МКВС.

Основными новыми научными результатами, полученными в диссертации, являются:

1. Новый алгоритм адаптивной настройки устройств компенсации эхосигналов, позволяющий осуществлять адаптацию эхокомпенсаторов на фоне встречных сигналов.
2. Предложенный метод управления параметрами корреляционных алгоритмов позволяющий значительно повысить помехоустойчивость этого класса алгоритмов.
3. Разработанный метод исключения снижения степени подавления эхосигналов во время пауз в активном сигнале, основанный на внесении задержек в сигналы, поступающие в блок адаптивной настройки и в сигнал детектора активного сигнала.

Практическая значимость результатов, полученных в диссертации, заключается в том, что предложенные и исследованные в работе алгоритмы и методы могут быть применены для решения задач эхокомпенсации в различных телекоммуникационных системах. При этом обеспечивается снижение вычислительной сложности по сравнению с известными алгоритмами

эхокомпенсации. Эффективным результатом является то, что предложенный в работе метод повышения помехоустойчивости позволяет повысить уровень подавления эхосигнала на фоне действия аддитивных шумов на 12 дБ по сравнению с алгоритмом МКВС. И это подтверждается применением предложенных алгоритмов в реальных разработках, что отражено в актах внедрения, приложенных к диссертации.

Степень обоснованности и достоверности научных положений диссертации Душина С.В. подтверждается апробацией результатов исследований на 3 международных научных конференциях и публикацией основных результатов в 7 статьях в ведущих журналах, входящих в перечень ВАК. Доказательства, описывающие основные свойства и процессы исследуемых и разрабатываемых алгоритмов выполнены математически корректно и хорошо согласуются с общими положениями оптимального винеровского оценивания. Выводы в работе логично вытекают из текста диссертации и достаточно подробно обоснованы аналитически и экспериментально.

Замечания по диссертационной работе. К недостаткам диссертационной работы Душина С.В. следует отнести:

1. Обзорная часть работы завышена излишне содержательным анализом истории развития и применения техники компенсации эхосигналов.
2. При описании возможностей применения предложенных алгоритмов для компенсации акустических эхосигналов не затронуты используемые подводным и надводным флотами гидроакустические каналы, где проблема борьбы с эхосигналами стоит особенно остро.
3. Для анализируемых в работе алгоритмов адаптации не всегда представлена численная оценка вычислительной сложности.
4. Не затронуты вопросы практической реализации алгоритмов, в частности, вопрос о выборе элементной базы, обеспечивающей необходимые вычислительные ресурсы.

Заключение по диссертационной работе. Тема исследования является актуальной и соответствует паспорту специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Результатом исследований являются новые научные знания, полезные с практической точки зрения, которые достаточно полно и ясно изложены автором в диссертационной работе.

Указанные замечания не снижают научную и практическую значимость диссертационной работы, которая выполнена на достаточно высоком научном уровне, имеет логичную компоновку и внутреннее единство.

Считаю, что представленная диссертационная работа является завершённым научно-квалификационным исследованием в котором изложены новые научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для развития телекоммуникационных систем, и удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертационным работам, а ее автор, Душин Сергей Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Официальный оппонент:

Самойлов Александр Георгиевич
Зам. директора Института информационных технологий и радиоэлектроники ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» – (ВлГУ)
доктор технических наук, профессор



Самойлов А.Г.

10.11.2017 г.

600000, г. Владимир, Горького, 87, ВлГУ
Тел.: 8 (4922) 479 960, 8 (4922) 534 238,
8 905 055 43 34.
E-mail: ags@vlsu.ru

Подпись д.т.н., профессора А.Г. Самойлова заверяю

Ученый секретарь Ученого совета ВлГУ



Коннова Т.Г.