

ОТЗЫВ

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, старшего научного сотрудника Мухина Ивана Ефимовича на диссертацию Кисельникова Андрея Евгеньевича на тему «Алгоритмы идентификации типов искажений радиосигналов с цифровой модуляцией на основе анализа вектора ошибок», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Актуальность. На современном этапе развития телекоммуникационных систем, несмотря на растущую долю спектрально эффективных методов модуляции радиосигналов до КАМ-1024, остаются востребованными виды модуляции с гораздо меньшей кратностью (BPSK, QPSK, QAM-4, QAM-16). Это обусловлено в тех случаях, когда необходимо обеспечить максимально устойчивую передачу информации с относительно низким отношением сигнал/шум передаваемых сигналов. При этом существующие каналы радиосвязи подвержены влиянию как аддитивных, так и мультипликативных шумов в условиях урбанизированных территорий. Для сохранения устойчивой радиосвязи в каждом конкретном случае проектирования и использования системы радиосвязи требуется научно-техническая проработка методов компенсации искажений, обусловленных как шумами различной природы, так и нелинейными эффектами в связном оборудовании.

В связи с этим, тема диссертации Кисельникова А.Е., направленная на разработку алгоритмов идентификации типов искажений радиосигналов с цифровой модуляцией на основе анализа вектора ошибок, является актуальной.

Целью работы является обнаружение и идентификация типов искажений радиосигналов на фоне шумов для повышения помехоустойчивости телекоммуникационных систем.

Диссертация содержит следующие новые научные результаты;

1. Разработанный алгоритм детектирования и компенсаций искажений сигнального созвездия BPSK на основе анализа вектора ошибок и статистических характеристик, отличающийся от известных возможностью в реальном масштабе времени компенсировать искажения созвездия сигнала с BPSK .

2. Разработанная методика идентификации типа искажений радиосигнала с модуляцией QPSK-QAM-4, позволяющая идентифицировать и различать искажения фазового и амплитудного характера.

3. Разработанная методика идентификации искажений радиосигнала QAM-16, основанная на анализе поведения вектора ошибок при передаче различных канальных символов.

4. Основной научный результат заключается в установлении граничных условий по фазовым и амплитудным искажениям сигнального созвездия, при которых возможна реальная компенсация этих искажений с приемлемым для практики результатом.

Следующие результаты работы имеют **практическую значимость**.

1. Высокая степень интегрируемости разработанных методик и алгоритмов с современным программируемым измерительным оборудованием, что позволяет программными средствами достичь поставленной цели компенсации амплитудных и фазовых искажений.

2. Повышение помехоустойчивости до 1,3 дБ реальных систем радиосвязи, использующих виды модуляции вплоть до QAM-16.

На основе полученных в диссертационной работе результатов разработаны практические рекомендации по совершенствованию систем радиосвязи с видами модуляции включительно до QAM-16.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Вместе с тем, в диссертации отмечены следующие **недостатки**:

1. Большая часть перспективных радиосистем связи работают со сложными типами модуляций, таких как треллис-модуляция (TCM), квадратурная амплитудная модуляция (QAM), амплитудно-фазовая (APSK) с кратностью более 6 и неравномерностью сигнального созвездия более 1. В работе не показано, как изменяется вероятность ошибки на символ (SER), бит (BER) при воздействии различного рода помех для данных типов модуляций.

2. Не показано влияния амплитудно-частотной, фазочастотной неравномерностей радиотракта на рассогласование синфазного и квадратурного каналов приемного устройства и, как следствие, величину потерь в достоверности.

3. В работе показано влияние на искажения сигнального вектора только аддитивного белого гауссовского шума, хотя в условиях урбанизированных территорий с высокой плотностью радиоэлектронных средств это допущение не вполне корректно.

4. В работе также не показано влияние импульсных помех, что несколько ограничивает общность прикладного применения разработанных методов и алгоритмов.

5. Для полноты завершения исследований было бы целесообразно предложить методику, алгоритм компенсаций эквивалентных энергетических потерь при идентификации того или иного рода искажений в тракте с помощью различных радиотехнических устройств, например, адаптивного фильтра со слепой адаптацией, режекторного фильтра или фильтра Калмана.

Тем не менее, отмеченные недостатки не являются определяющими. Диссертация является законченным научным трудом, написана на высоком научном уровне, содержит указанные новые научные результаты и имеет

важное практическое значение для повышения помехоустойчивости современных систем связи.

Указанные недостатки не снижают ценности и значимости диссертационной работы.

Выводы:

1. Диссертационная работа Кисельникова Андрея Евгеньевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение важной научной задачи соответствующей специальности 05.12.13.

2. Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Кисельников Андрей Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Главный конструктор специальных проектов

АО «Авиаавтоматика» им. В.В. Тарасова»,

доктор технических наук,

старший научный сотрудник Мухин Иван Ефимович

Адрес: г. Курск, ул. Запольная, дом 47, АО «Авиаавтоматика» им. В.В.Тарасова», тел.8(4712)58-52-30, моб.8-910-218-91-05, e-mail okb@aviaavtomatika.ru

«13» 01 2021г.

Подпись главного конструктора специальных проектов, доктора технических наук, старшего научного сотрудника Мухина Ивана Ефимовича заверяю:

Начальник управления кадров и делопроизводства АО «Авиаавтоматика» им. В.В.Тарасова»

«13» 01

2021г.



Е.Г.Останина