

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель директора
РФЯЦ-ВНИИЭФ – директор филиала
РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС
им. Ю.Е. Седакова», доктор
технических наук, профессор


А.Ю. Седаков
«24» 05 2024 г.



О Т З Ы В

ведущей организации

на диссертационную работу Морозова Никиты Сергеевича
«Цифровая коррекция фазовых и дисперсионных искажений в каналах связи»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства
телевидения

Актуальность темы диссертации

Коррекция искажений в каналах связи различных аналого-цифровых систем является одной из часто встречающихся задач цифровой обработки сигналов. Для минимизации линейных искажений применяются различные способы построения блока приема и обработки сигналов, а также цифровые фильтры (как антиалайзинговые, так и постобработки), вносящие минимальные амплитудные и фазовые искажения. Линейные цифровые фильтры могут быть эффективно использованы и для построения цифровых фазовых корректоров.

Диссертационная работа Морозова Никиты Сергеевича посвящена проектированию цифровых фазовых корректоров реального времени. Для решения данной задачи используется не аналитическое, а дискретное представление характеристик корректора, что позволяет применять для синтеза технического решения эффективные поисковые методы многокритериальной (векторной) оптимизации. Таким образом, получаемые фильтры на основе цифровой фазовой цепи имеют низкую вычислительную сложность и простоту реализации.

Построение корректирующих систем, работающих в реальном или близком к реальным масштабам времени является актуальной задачей. Это имеет существенное значение при организации связи на протяженных радиотрассах и оптоволоконных линиях для повышения эффективной скорости передачи данных за счет снижения искажений и взаимных наложений вследствие разной скорости распространения частотных составляющих.

Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов

Научная новизна работы состоит в развитии теории построения компенсаторов фазовых и дисперсионных искажений на основе цифровых фильтров. В частности:

1. получена дискретная модель корректоров и компенсаторов дисперсии на основе цифровых фазовых фильтров, которая, в отличие от известных каскадных моделей и параллельного взвешенного суммирования позволяет устранить ошибки аппроксимации требуемых характеристик и ошибки квантования при практической реализации устройства;
2. предложена методика синтеза рекурсивных фазовых фильтров непосредственно на квантованном целочисленном параметрическом пространстве с использованием поисковых методов;
3. получены устойчивые и работоспособные решения как для цифровых корректоров фазовых искажений сигнальных широкополосных (видеотрактов) и узкополосных (радиотрактов) трактов, так и для компенсаторов линейно возрастающей и линейно спадающей частотной дисперсии в линии связи;
4. в отличие от решений, полученных другими методами (частотной выборки, билинейного преобразования или взвешивания), полученные цифровые фазовые корректоры обладают высоким быстродействием и малой вносимой в сигнал задержкой.

Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и заключений, содержащихся в диссертации

Обоснованность положений, выносимых на защиту автором диссертационной работы, подтверждается корректным использованием положений статистической радиотехники, теории колебаний, теории цифровой обработки сигналов. Результаты согласуются с решениями, полученными ранее с использованием иных методик синтеза: взвешивания, частотной выборки, билинейного преобразования, отображения дифференциалов. Достоверность подтверждается данными компьютерного моделирования и экспериментальными исследованиями на лабораторных макетах.

Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики

Работа обладает как научной, так и практической ценностью.

Теоретическая значимость работы.

Полученные автором результаты имеют значение для развития теории цифровой обработки сигналов. В частности, диссертантом:

- предложена дискретная модель цифрового фазового фильтра;

- получены технические решения фазовых корректоров и компенсаторов частотной дисперсии, учитывающие совокупность требований к их частотным характеристикам;

- поставлена и решена задача многокритериального синтеза цифрового корректора фазовых искажений методами нелинейного математического программирования;

- разработан алгоритм, позволяющий провести предварительную оценку вычислительных затрат при практической реализации корректоров.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- предложенный метод синтеза позволяет получить решения с заданной конечной разрядностью коэффициентов, что позволяет избежать дополнительных операций округления или усечения при практической реализации фазового фильтра, а это, в свою очередь, приводит к нулевой ошибке квантования при его аппаратной реализации;

- полученные в результате синтеза цифровые фазовые корректоры позволяют успешно компенсировать фазовые искажения как широкополосного видеотракта, так и узкополосного радиоканала;

- разработанные алгоритмы требуют для их практической реализации небольших вычислительных ресурсов, что позволяет использовать их в системах реального времени;

- разработанные универсальная методика и программа расчёта отклика рекурсивного фазового фильтра, позволяют провести предварительную оценку вычислительных затрат при программной реализации фазовых корректоров и компенсаторов частотной дисперсии.

Результаты диссертационного исследования использовались:

- в АО «Корпорация «Комета» — КБ «Квазар» при оптимизации алгоритма для обработки сигналов с фазовой манипуляцией;

- в учебном процессе и научно-исследовательской работе на кафедре радиотехники радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, из них 5 – в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертаций, 3 – в прочих изданиях, входящих в РИНЦ, 5 – в материалах научно-технических конференции. Получен патент RU2691528C1 на систему бесконтактной передачи электроэнергии для дверей транспортного средства. В патенте использована схема корректировки фазовых искажений.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке блоков цифровой обработки сигналов на предприятиях АО «Концерн

ВКО «Алмаз-Антей», предприятиях АО «Концерн «Радиоэлектронные технологии», филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седатова», ПАО «Завод им. Г.И. Петровского» и в других профильных научных и производственных организациях.

Общие замечания по диссертационной работе

1. В работе рассмотрены цифровые фильтры с целочисленными действительными коэффициентами, нет примеров для сравнения с фильтрами с иным типом представления коэффициентов, например, комплексными.
2. Не представлены условия выбора порядка фильтра при синтезе, был ли порядок одним из изначальных требований или он был определен в процессе синтеза.
3. В схеме измерительной установки, на которой проводилась проверка работоспособности полученных фильтров, присутствует фильтр верхних частот, но нигде не указано, учитывались ли вносимые им искажения при анализе полученных результатов.
4. Показаны примеры практической реализации фильтров-корректоров фазовых искажений узкополосного и широкополосного трактов, но для компенсаторов частотной дисперсии пример реализации на ПЛИС не приведен.
5. Оценка нелинейности фазочастотной характеристики тракта до и после компенсации проведена формально, нет конкретных значений отклонения этой характеристики от линейной, лишь некоторая верхняя оценка.

Заключение по работе

Диссертация Морозова Никиты Сергеевича «Цифровая коррекция фазовых и дисперсионных искажений в каналах связи» представляет собой законченную научно-квалификационную работу по актуальной проблеме. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для теории и практики цифровой обработки сигналов.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. Диссертация соответствует специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения. В работе содержится решение задачи синтеза цифровых фазовых корректоров для широкополосного и узкополосного сигнальных трактов, а также для компенсатора частотной дисперсии в высокоскоростных каналах связи.

Работа отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, а ее автор Морозов Никита Сергеевич достоин присуждения ему ученой степени

кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Отзыв составлен по результатам обсуждения на заседании научно-технического совета подразделения по разработке радиотехнических и измерительных систем, протокол от 24 мая 2022 года № 195-95/2018-ПР.



Кашин Александр Васильевич,
доктор технических наук, профессор, научный
руководитель филиала – заместитель главного
конструктора филиала – начальник научно-
исследовательского отделения Федерального
государственного унитарного предприятия «Российский
федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-
исследовательский институт экспериментальной физики»
«Научно-исследовательский институт измерительных
систем им. Ю.Е. Седакова», 603951, Россия, г. Н.Новгород,
Бокс № 486, тел. (831) 466-16-40,
e-mail: aKashin@niiis.nnov.ru



Артемьев Владимир Владимирович
кандидат технических наук, начальник научно-
исследовательской группы разработки блоков НЧ и ЦОС
филиала Федерального государственного унитарного
предприятия «Российский федеральный ядерный центр –
Всероссийский научно-исследовательский институт
экспериментальной физики» «Научно-исследовательский
институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова»,
603951, Россия, г. Н.Новгород, Бокс № 486,
тел. (831) 465-49-90, e-mail: aKashin@niiis.nnov.ru



Ивойлова Мария Михайловна
кандидат технических наук, старший научный сотрудник
филиала Федерального государственного унитарного
предприятия «Российский федеральный ядерный центр –
Всероссийский научно-исследовательский институт
экспериментальной физики» «Научно-исследовательский
институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова»,
603951, Россия, г. Нижний Новгород, Бокс № 486,
тел. (831) 469-51-44, e-mail: aKashin@niiis.nnov.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики», Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», 607188, Нижегородская обл., г. Саров, проспект Мира, д.37