

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук профессора ЦИМБАЛА Владимира Анатольевича на диссертационную работу соискателя ученой степени кандидата технических наук Руфова Александра Андреевича, выполненную на тему: «Интерполяционные алгоритмы определения параметров радиосигнала по ограниченному массиву дискретных значений» по специальности 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Развитие рынка современной измерительной техники определяется переходом от использования измерительных устройств, систем и комплексов, построенных на аналоговых принципах, к устройствам, системам и комплексам, реализующим принципы цифровой обработки сигналов (ЦОС). При этом для реализации тех или иных измерительных приборов в рамках ЦОС используются как принципы спектральной обработки измеряемых сигналов (величин), так и принципы временной обработки конечной последовательности их дискретных значений. Использование спектральной или временной плоскости для обработки измеряемых сигналов определяется емкостью массива дискретных значений, и для исследователей на качественном уровне уже ясно, что при большом таком массиве преимуществом обладает спектральный подход.

Спецификой функционирования приборов, измеряющих параметры радиосигналов (как в ходе встроенного контроля, так и при их радиоприеме), является потенциальная недостаточная длительность радиоконтакта. Именно эта особенность и ограничивает массив дискретных значений измеряемого радиосигнала.

Исходя из изложенного, диссертационная работа Руфова Александра Андреевича, посвященная разработке и исследованию методик и алгоритмов определения совокупности параметров радиосигнала во встроенных системах контроля путем цифровой обработки во временной области ограниченного массива дискретных значений, обеспечивающих допустимый уровень погрешности измерений, является актуальной и связана с рядом НИР и ОКР, ведущихся в НИИ и промышленности в данном направлении.

Задачами, решаемыми в диссертационной работе, являются:

1. Разработка методик и интерполяционных алгоритмов оценки во временной области параметров сигналов:

- частоты и среднеквадратического значения (СКЗ) гармонического сигнала, ограниченного по длительности (1...3 периода) и числу дискретных отсчетов (от 4);
- параметров амплитудно-модулированных (АМ) и амплитудно-манипулированных (АМн) сигналов (СКЗ, коэффициента амплитудной модуляции, несущей и модулирующей частот).

2. Создание и апробация инженерных методик и программных средств определения совокупности параметров аналоговых радиосигналов, реализующих контрольно-измерительные процедуры на алгоритмическом уровне.

В ходе проведения исследований по теме диссертационной работы автор получил ряд результатов, обладающих научной новизной, практической значимостью и выдвигаемых на защиту.

Во-первых, это методика определения частоты и СКЗ гармонического сигнала по

ограниченному массиву дискретных отсчетов с использованием временного сглаживающего окна, методов интерполяции, интегрирования и усреднения.

Во-вторых, это методика оценки несущей частоты, коэффициента амплитудной модуляции и модулирующей частоты АМ и АМн сигналов методом скользящего окна, параметры которого адаптивно настраиваются в зависимости от вида окна и периода измеряемой в начале работы несущей частоты сигнала.

В третьих, это алгоритмы:

- определения СКЗ гармонического сигнала с использованием методов временного сглаживающего окна и интегрирования;
- определения частоты и СКЗ гармонического сигнала во временной области с использованием методов многоуровневой интерполяции, сглаживающих окон, усреднения и интегрирования.
- определения несущей частоты АМ и АМн сигнала с использованием двухступенчатой одноуровневой интерполяцией для нахождения временного положения нулей с последующим расчетом периода.
- определения СКЗ, коэффициента амплитудной модуляции и частоты модулирующего сигнала во временной области с использованием методов многоуровневой интерполяции, скользящего окна и интегрирования.

В четвертых, комплекс программ моделирования, позволяющий оптимизировать (*в потенциале*) выбор алгоритмов и параметров обработки дискретных отсчетов для задач оценки параметров коротких гармонических и АМ сигналов во временной области.

В пятых, результаты моделирования, показывающие влияние вида окна, начальной фазы, длительности и объема выборки на точность определения параметров сигнала.

Особенностью данных результатов является то, что автору удалось сформировать некий *инвариантный базовый алгоритм*, который наращивается (адаптируется) в том или ином отношении при измерении тех или иных параметров гармонических АМ или АМн сигналов. Именно такой подход обеспечивает в последующем виртуальным измерительным приборам требуемую *многофункциональность*.

Основные результаты диссертации являются достоверными, что обусловлено:

- корректностью постановки задач исследования;
- использованием апробированных методов имитационного и натурного моделирования, цифровой обработки сигналов, интерполяции по Котельникову, применения оконных функций и численных методов решения задач;
- обоснованностью основных предположений, ограничений, допущений и исходных данных для расчетов;
- удовлетворительным совпадением результатов моделирования, в частных случаях, с результатами, известными из современной литературы по ЦОС.

Полученные в диссертации результаты имеют существенную теоретическую и практическую ценность, они вносят вклад в теорию и практику ЦОС по ограниченной совокупности их дискретных отчетов и, соответственно, построения виртуальных измерительных приборов.

Практическая значимость диссертационного исследования обусловлена следующим:

1. Разработанный алгоритм определения параметров гармонического сигнала позволяет по малой выборке ($6 < N < 16$) за 1,5 ... 2 периода колебания, когда метод быстрого преобразования Фурье не функционален, оценить СКЗ с приемлемой методической погрешностью (0,05...0,5)%.

2. Разработанный алгоритм определения частоты гармонического сигнала во временной области с использованием метода многоуровневой интерполяции по сравнению с методом дискретного счета позволяет снизить методическую погрешность оценки частоты более чем 10 раз.

3. Объединение алгоритмов оценки частоты и СКЗ гармонического сигнала во временной области на основе интерполяционного ряда Котельникова и выбора сглаживающей оконной функции позволило до 35% сократить общий программный код по сравнению с суммой отдельных кодов и повысить общее быстродействие на 28%.

4. Объединение алгоритмов определения СКЗ, коэффициента АМ, несущей и модулирующей частот АМ и АМ_n сигналов позволило до 60% сократить общий программный код и на 40% повысить общее быстродействие.

5. Создан комплекс программ для моделирования и оптимизации (в потенциале) параметров ЦОС при исследованиях и инженерных расчетах параметров радиосигналов по ограниченному массиву данных, позволяющий выбирать временное сглаживающее окно, частоту дискретизации, объем выборочных данных и коэффициент интерполяции.

6. Результаты диссертационной работы реализованы в учебном процессе Владимирского государственного университета и на предприятии промышленности, о чем имеются акты реализации.

Полученные в диссертации результаты целесообразно использовать заказывающими и научно-исследовательскими организациями РФ (в частности, ЗАО НИВЦ АС, МОУ «ИИФ», ФГУП НПЦ АП, ФГУП НИИ ССУ, Институт проблем передачи информации РАН) при техническом обосновании перспектив развития цифровых виртуальных измерительных приборов и систем и формировании ТТТ и ТЗ на создание таких систем, а также организациями промышленности (ОАО «Концерн «Созвездие»», ФГУП НИИ Радио, ОАО «Российский институт мощного радиостроения» и др.) при решении сложных научно-технических задач, возникающих при разработке подобных измерительных систем.

Интегрируя замечания по диссертации и автореферату, их можно свести к следующим:

1. В работе отсутствует формальная постановка научной задачи исследования.
2. Разработанные алгоритмы и методики не учитывают факта возможного зашумления измеряемых радиосигналов шумовыми и другими помехами.

3. Автор достаточно вольно трактует базовое понятие системного анализа «оптимальность», говоря об оптимизации параметров предложенных алгоритмов ЦОС. Однако не приводит определение используемого критерия оптимизации и критериальной функции. При этом, в частности, наравне с термином «оптимальный алгоритм» использует некорректный термин «наиболее оптимальный алгоритм». Так же автор относится и к термину «адаптивность» применительно к параметрам разработанных алгоритмов.

4. По тексту диссертации имеются орфографические и синтаксические ошибки (с. 6,

30, 31, 32, 36, 37, 39, 41, 55, 56, 62, 64, 69, 72, 75, 83, 92, 103, 107).

В целом, однако, отмеченные недостатки не носят принципиального характера и не наносят существенного ущерба значимости результатам диссертационной работы, выполненной на высоком научном уровне. Отличительными особенностями работы являются логическая последовательность поставленных задач и направленность на решение важной практической технической задачи – снижение погрешности измерений параметров гармонических, АМ и АМн колебаний на основе временной обработки ограниченного массива дискретных значений.

Диссертация написана хорошим литературным языком и аккуратно оформлена. Основные выводы и положения диссертации достаточно широко опубликованы в научных изданиях и докладывались на представительных научно-технических конференциях, где получили одобрение научной общественности, признающей авторитет автора в разработке вопросов, положенных в основу диссертационной работы. Требование ВАК о наличии публикаций в изданиях из Перечня ВАК выполнено.

Исследования по тематике представленной диссертации целесообразно продолжить в направлении создания пользовательского интерфейса с минимальным количеством переключений на совокупности разработанных алгоритмов ЦОС.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации и позволяет сформировать обоснованное представление по всей работе в целом, а содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

ВЫВОДЫ

1. Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, содержащей научно-обоснованные технические разработки для встроенных систем контроля радиосигналов путем цифровой обработки во временной области ограниченного массива дискретных значений, обеспечивающих допустимый уровень погрешности измерений, что имеет важное хозяйственное значение.

2. По актуальности тематики, глубине проводимых исследований и значимости полученных результатов диссертация полностью удовлетворяет требованиям пп. 9, 10, 11, 13 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор, Руфов А.А., заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04.

Профессор кафедры «Автоматизированные системы боевого управления»
Заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор
«31» августа 2015 г.



В.А. Цимбал

Подпись официального оппонента заслуженного деятеля науки РФ, доктора технических наук, профессора ЦИМБАЛА Владимира Анатольевича заверяю.

Начальник отдела кадров филиала Военной академии РВСН имени Петра Великого
подполковник
А.М. Деркач

