

Министерство образования Республики  
Беларусь Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 681.84.085.2

Бурш  
Юрий Сергеевич

Синтез испытательных сигналов для проверки качества звуковых трактов

### **АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-45 80 01 Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Научный руководитель  
Тарченко Надежда Владимировна  
кандидат технических наук, доцент

МИНСК 2018

## ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В системе радиовещания Республики Беларусь существует множество вариантов реализации трактов распределения программ радиовещания. К сожалению, на данный момент ни одна из белорусских радиостанций ЧМ–УКВ диапазона не может обеспечить полностью цифровой тракт. Поэтому все радиостанции Беларуси имеют смешанную инфраструктуру, состоящую из цифровых и аналоговых звеньев.

Для определения качественных параметров таких трактов нужно учитывать специфику как цифровых, так и аналоговых звеньев. Однако существующие стандарты рассматривают такие тракты как полностью аналоговые, тем самым упуская существенные для качества параметры тракта.

Цель данной работы улучшить качество измерений регламентируемых ГОСТ 32182–2013, МСЭ–Т J.21, МСЭ–Т J.22, МСЭ–Т J.23, МСЭ–Р BS.468–4 за счет изменения методики измерений и программного синтеза сигналов, позволяющих выявить не учтенные стандартом специфические искажения сигналов ЗВ, возникающие в современных аналого–цифровых трактах передачи. Комплекс измерительного оборудования будет заменен персональным компьютером с подключенными к нему АЦП и ЦАП для воспроизведения комплекса испытательных сигналов и записи результатов прохождения комплекса испытательных сигналов через исследуемый тракт, либо звено тракта. Анализ записанного сигнала проводится математическими методами с помощью программного обеспечения. Синтез испытательных сигналов будет производиться математически с помощью программного обеспечения, написанного автором данной работы на языке программирования С, для последующего ИКМ преобразования в аналоговую форму. Тестовые сигналы также могут быть использованы для исследования результатов цифровой обработки ЗС без преобразования в аналоговую форму. Результаты измерений будут сопоставляться с результатами измерений, проведенными в соответствии с ГОСТ 32182–2013. Разрабатываемая методика измерений должна обеспечивать информативность не хуже регламентированной ГОСТ 32182–2013, МСЭ–Т J.21, МСЭ–Т J.22, МСЭ–Т J.23, МСЭ–Р BS.468–4.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы**

В настоящее время, для определения качественных показателей аналоговой части аудиотракта, по методикам, регламентируемым действующим стандартом, требуется прерывать основное вещание для подачи испытательных сигналов на вход тракта. При круглосуточном режиме вещания данные измерения представляется возможным проводить только во время профилактических работ на передающих средствах. Таким образом, возникает необходимость ускорить измерения таким образом, чтобы укладываться в сжатые сроки при проведении профилактических работ на передающем оборудовании, либо сделать возможным измерение аналоговых параметров тракта без отключения основного вещания, при этом незаметным для слушателя.

В данной работе разработаны методы ускоренного измерения АЧХ, и динамических параметров аудиотрактов.

### **Цель работы**

Целью диссертации является разработка методики для ускоренных измерений качественных параметров аудиотрактов радиостанций.

### **Задачи исследования**

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- Анализ существующих методов измерения качественных параметров аудиотрактов и особенностей современных трактов;
- Разработка методов измерения качественных параметров с учетом особенностей современных трактов радиовещания;
- Синтез испытательных сигналов;
- Моделирование измерений с помощью синтезированных сигналов.

### **Методы исследования**

В работе был произведён анализ методов измерения качественных параметров аудиотрактов радиовещательных станций, в следствии чего были выявлены их имеющиеся достоинства, недостатки и возможности дальнейшего увеличения скорости и информативности.

Затем, были разработаны методы и синтезированы для них многокомпонентные измерительные сигналы, позволяющие многократно повысить скорость и информативность измерений.

### **Научная новизна результатов работы**

Наиболее значимые новые научные результаты работы:

1. Разработаны перспективные методы для ускорения и автоматизации

измерений параметров радиовещательных аудиотрактов;

2. Синтезированы испытательные сигналы для измерения статических и динамических искажений АЧХ.

### **Достоверность полученных результатов**

Достоверность и обоснованность выводов подтверждена результатами математического моделирования и практических измерений, в которых учтены параметры современных трактов, а также характеристики реальных устройств. Результаты подтверждают корректность данных, полученных в ходе исследования.

### **Практическая ценность результатов работы**

1. Высокая скорость и детализация результатов измерений. Результатом измерений является получение значений АЧХ в 2000 точках всего слышимого диапазона частот с равномерным шагом за время 100 мс.

2. Возможность организации полностью автоматизированных измерений с высокой скоростью и автоматической отбраковкой.

3. Возможность автоматизации процесса получения коэффициентов настройки цифрового фильтра, корректирующего искажения АЧХ и ФЧХ тракта.

4. Возможность масштабирования диапазона частот и шага сетки частот синтезированного испытательного сигнала для исследования любых трактов передачи.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, дается краткая характеристика работы, определяются объект и предмет исследования, цель и задачи.

В первой главе производится обзор методов оценки качества и измерительных средств, в радиовещательных трактах звукового вещания.

Данная глава состоит из четырех разделов. Задача данной главы: провести обзор основных отличительных особенностей современных трактов формирования и доставки сигналов ЗВ УКВ–ЧМ диапазона, определение основных достоинств и недостатков современных радиовещательных трактов Белорусского радио, обзор нормативных документов регламентирующих работу радиостанций ЗВ Белтелерадиокомпании, а также обзор методов измерений качественных параметров каналов и трактов звукового вещания.

Производится изучение преимуществ и недостатков регламентированных методов применительно к существующим трактам.

Во второй главе производится обоснование необходимости применения дополнительных критериев оценки качества трактов ЗВ. Рассматриваются виды искажений в аналоговых трактах и в цифровых трактах не использующих алгоритмы сжатия с потерями. Производится обзор основных характеристик устройств аналого-цифрового преобразования и видов искажений возникающих в них. В третьем разделе данной главы приводятся параметры качества цифровых линий связи и достоверность передачи данных BER.

В третьей главе производится синтез испытательных сигналов, их проверка и улучшение. В первом разделе третьей главы выбирается метод, для синтеза испытательных сигналов. Во втором разделе рассматривается синтез многокомпонентного испытательного сигнала состоящего из синусоидальных колебаний просуммированных в линейной системе. Производятся изучение свойств полученного сигнала, модификация его параметров и оптимизация алгоритма по его синтезу.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе проделанной работы были разработаны достигнуты следующие результаты:

- многократно ускорена процедура измерений (порядка 12000 раз по сравнению с измерениями ручным методом, с использованием инструментов регламентируемых ГОСТ 32182-2013);

- многократно увеличена информативность измерений (измерения проводятся на 2000 значений частот, что в 154 раза больше сетки частот измерений регламентируемой ГОСТ 32182-2013);

- разработанная методика позволяет измерять ФЧХ, что невозможно при использовании классических испытательных сигналов без референсной линии связи (по этой причине отклонения ФЧХ даже не регламентируются ГОСТ 32182-2013, есть только ограничение на разность фаз между стереоканалами);

- разработана методика для измерения искажений динамического диапазона на 2000 значений частот для 40 значений уровня менее чем за 7 секунд без потери точности (в связи с огромными временными затратами на измерения в ручном режиме, данный вид искажений не регламентируется ГОСТ 32182-2013 при значительном его влиянии на качество звука);

– разработана методика для измерения характеристики переходных процессов длительностью от 1 до 500 мс для 114 значений частоты менее чем за три минуты (не регламентируется ГОСТ 32182-2013 при значительном влиянии на качество звука, нет методик для измерений в ручном режиме);

– разработана методика «невидимых» измерений во время вещания радиостанцией своей основной программы.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ АВТОРА**

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликована 1 статья «Синтез испытательных сигналов для ускоренных измерений амплитудно-частотной характеристики тракта радиовещания» в сборнике материалов международного научно-технического семинара «Алгебраическое кодирование и безопасность данных» БГУИР Минск, 2017.

По результатам исследований, представленных в диссертации, выступал с докладом на 53-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР Минск, 2017.

Нормоконтроль

---

---