

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

УДК 621.391.83:681.5

Фам Мария Тхеевна

Исследование характеристик точности и быстродействия методов
моделирования инфокоммуникационных сигналов во временной области

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание ученой степени магистра технических наук

по специальности 1-45 80 01 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Научный руководитель
Ильинков Валерий Андреевич
кандидат технических наук, доцент

Минск 2020

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние общества характеризуется стремительным развитием в области инфокоммуникаций. Основным инструментом исследования, проектирования и разработки систем инфокоммуникаций является математическое моделирование, которое существенно интенсифицирует процессы анализа и синтеза; решает задачи часто невыполнимые другими методами; многократно снижает материальные и временные затраты на создание сложных систем или устройств при одновременном повышении их качества. При этом различают структурное и схематическое моделирование, выполняемое соответственно на уровнях структурной (функциональной) и принципиальной схем. Структурно-техническое моделирование используется на начальных этапах проектирования и разработки (научно-исследовательская работа, техническое задание, эскизный и технический проекты). Его результаты, в основном, определяют структуру и основные параметры качества создаваемой техники.

Целью магистерской диссертации является разработка системы подготовки формального описания комплекса моделирования сигналов и систем.

В процессе написания магистерской диссертации необходимо было решить следующие задачи: выполнить сравнительный анализ методов математического моделирования сигналов, описания линейных звеньев и линейных искажений систем инфокоммуникаций. Разработать математические модели и соответствующие алгоритмы по расчету оценок точности и быстродействия реакций систем инфокоммуникаций. Выполнить сравнительную оценку характеристик точности и быстродействия математических методов описания реакций. Разработано математическое описание сигналов систем инфокоммуникаций, упрощающее математические и машинные алгоритмы преобразования моделей и расчета их характеристик.

На базе предложенного описания и построенных математических моделей разработаны алгоритмы для дальнейшего использования в составлении программ для оценки характеристик точности и быстродействия методов моделирования реакций.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Важнейшей составляющей структурно-технического моделирования систем инфокоммуникаций является разработка обоснованных требований к частотно-временным характеристикам отдельных функциональных блоков и системы в целом. Такого вида разработку выполняют посредством моделирования линейных искажений, применяя в качестве моделей блоков (каналов) линейные звенья. Ответственным этапом, во многом определяющим конечные результаты, является правильный выбор метода моделирования линейных искажений. Этот выбор выполняется обычно на основе проведения сравнительного анализа характеристик точности и быстродействия известных

методов. Такие сравнительные оценки практически отсутствуют в научно-технической литературе, что делает тему диссертации актуальной.

Целью данной работы является сравнительная оценка характеристик точности и быстродействия известных методов моделирования инфокоммуникационных сигналов во временной области.

В диссертационной работе ставятся и решаются следующие задачи:

1 выполнение анализа методов моделирования инфокоммуникационных сигналов;

2 сравнительный анализ методов описания линейных звеньев СИК;

3 сравнительный анализ методов математического моделирования линейных искажений сигналов СИК;

4 разработка математические моделей реакций СИК на основе различных методов моделирования;

5 разработка математических моделей оценок точности и быстродействия исследуемых методов моделирования;

6 разработка программы оценки точности и быстродействия методов моделирования искажений сигналов во временной области;

7 выполнение сравнительной оценки характеристик точности и быстродействия исследуемых методов моделирования.

Объектами исследования являются методы математического моделирования искажений сигналов систем инфокоммуникаций.

Предметы исследования – характеристики точности и быстродействия исследуемых методов моделирования во временной области.

В работе использованы методы теории функций комплексного переменного, теории цепей и сигналов, частотные и временные методы анализа звеньев и устройств систем инфокоммуникаций, математическое моделирование.

Разработано математическое описание, алгоритмы вычисления и сравнения оценок точности и быстродействия исследуемых методов моделирования сигналов и реакций.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, даётся общая характеристика разработанности, определяются объект и предмет исследования, цель и задачи исследования, указана теоретико-методологическая база, формулируются основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Первая глава «Сравнительный анализ методов математического описания сигналов систем инфокоммуникаций» включает общие положения в области математического моделирования сигналов систем инфокоммуникаций.

В подразделе 1.1 «Описание сигналов систем инфокоммуникаций в частотно-временной области» представлены такие методы описания сигналов как: метод ряда Фурье, моделирование с помощью классического, дискретного и

быстрого преобразований Фурье и метод, основанный на использовании ряда Котельникова.

В подразделе 1.2 «Описание сигналов систем инфокоммуникаций на комплексной плоскости» рассматривается такая методология описания сигналов на комплексной плоскости как операционный метод на основе преобразования Лапласа.

Во второй главе «Сравнительный анализ методов математического описания линейных звеньев систем инфокоммуникаций» рассматриваются методы описания линейных стационарных звеньев (с постоянными параметрами) в частотно-временной области и на комплексной плоскости.

Третья глава «Сравнительный анализ методов математического описания линейных искажений сигналов систем инфокоммуникаций» содержит детальное рассмотрение различных методов описания: метод решения дифференциальных уравнений, метод разностных рекуррентных соотношений, метод интеграла Дюамеля, методы ряда и преобразования Фурье, операционный и универсальный методы – с рассмотрением преимуществ и недостатков

В четвертой главе произведена разработка математических моделей реакций систем инфокоммуникаций на основе следующих исследуемых в данной работе методов:

1. метод интеграла Дюамеля

$$U_{\text{вых},n} = \Delta t \sum_{k=1}^n U_{\text{вх},k} g_{n-k}, \quad (1)$$

$$g_{n-k} = \frac{2f_m}{M} \sum_{m=0}^{M-1} |K(jm\Delta\omega)| \cos(m\Delta\omega(n-k)\Delta t + \theta(m\Delta\omega)).$$

где $K(\omega)$, $\theta(\omega)$ – амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики линейного звена соответственно,

Δt – интервал дискретизации;

$$U_{\text{вх},k} = U_{\text{вх}}(k \cdot \Delta t).$$

2. метод, основанный на ряде Фурье

$$f(t) = |C_0| K(\omega) \cos(\theta_{C_0} + \theta(0)) + \sum_{k=1}^{\infty} 2|C_n| K(n \frac{2\pi}{T}) \cos(\frac{2\pi n t}{T} + \theta_{C_n} + \theta(n \frac{2\pi}{T})). \quad (2)$$

где C_n – спектральный коэффициент, являющийся комплексным числом, вычисляемый по следующей формуле,

N – количество членов ряда.

3. метод преобразования Фурье

$$f_{\text{вых}}(k) = \frac{1}{T} \sum_{n=0}^{N-1} S_{\text{вых}}(n) \cdot e^{\frac{j2\pi nk}{N}}, S_{\text{вых}}(n) = \sum_{k=0}^{N-1} f(k) K(\omega) e^{j(\theta(\omega) - \frac{2\pi nk}{N})}. \quad (3)$$

4. универсальный метод

$$\begin{aligned} \begin{Bmatrix} \psi_{0d}(t) \\ \psi_{0e}(t) \\ \psi_{0n}(t) \end{Bmatrix} = & - \sum_{\substack{p_{0f}, p_{0k}, \\ p_{0b}}} \text{res} \left(F_0(p)K(p)e^{pt} \begin{Bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{Bmatrix} \right) + \sum_{p_v} \text{res} \left(\frac{F_1(p)K(p)}{1 - e^{-pT}} e^{p(t-t_1)} \begin{Bmatrix} 1 \\ e^{-pT} \\ e^{-pT} \end{Bmatrix} \right) - \\ & - \sum_{p_v} \text{res} \left(\frac{F_2(p)K(p)}{1 - e^{-pT}} e^{p(t-t_2)} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ e^{-pT} \end{Bmatrix} \right), \begin{cases} \psi_{0d}(t) = \psi_0(t), (0, t_1) \\ \psi_{0e}(t) = \psi_0(t), (t_1, t_2) \\ \psi_{0n}(t) = \psi_0(t), (t_2, T) \end{cases}. \end{aligned} \quad (4)$$

В пятой главе «Разработка математических моделей и алгоритмов расчета точности и быстродействия» составлены математические модели расчета характеристик точности (5) и быстродействия и соответствующие алгоритмы их вычислений.

$$\delta = \frac{\sqrt{\sum_{k=0}^{N-1} (\psi_k - \psi_{ky})^2}}{\sqrt{\sum_{k=0}^{N-1} \psi_{ky}^2}}, \quad (5)$$

где ψ_k – отсчетные значения реакции, вычисляемые исследуемыми в работе методами (ряда Фурье, ДПФ и интеграла Дюамеля);

ψ_{ky} – отсчетные значения реакции, вычисляемые универсальным методом.

В шестой главе «Разработка программы оценки характеристик точности и быстродействия методов моделирования сигналов во временной области» содержатся схемы программы-оболочки (рисунок 1) и программ-процедур по расчету оценок точности и быстродействия (рисунок 2), а также краткая техническая характеристика программного обеспечения, согласно которым возможна дальнейшая разработка программы.

В седьмой главе «Сравнительная оценка характеристик точности и быстродействия методов моделирования сигналов во временной области» содержит обоснование выбора моделируемых сигналов и звеньев для исследования, а также смоделированные реакции звеньев такими методами как: метод ряда Фурье и универсальный метод. Также в разделе дана сравнительная количественная оценка точности и быстродействия исследуемых методов моделирования, основанная на полученных в ходе исследования реакциях и разработанных математических моделях и алгоритмах расчета оценок.

Наибольшую точность моделирования реакции дает универсальный метод. В данном исследовании в быстродействии себя отметил также универсальный метод, т.к. разработка модели реакции рядом Фурье велась на основе достаточно большого количества членов ряда.

Стоит отметить, что быстродействие напрямую зависит от количества членов ряда или дискретных составляющих, количества операций сложения,

умножения. В стремлении за точностью довольно часто пренебрегают быстродействием методов, потому сравнение методов моделирования реакций на предмет точности представляется наиболее важным аспектом в области анализа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения магистерской работы был разработан алгоритм для дальнейшего использования в составлении программного обеспечения по установке количественной оценки точности и быстродействия методов моделирования реакция линейных звеньев СИК.

В ходе исследования была рассмотрена общая методология построения математических моделей систем инфокоммуникаций, в том числе был проведен сравнительный анализ различных методов описания сигналов в частотно-временной области и на комплексной плоскости: методов ряда Фурье, классического, дискретного и быстрого преобразований Фурье, ряда Котельникова, метода преобразования Лапласа; а также сравнительный анализ методов математического описания линейных звеньев систем инфокоммуникаций и анализ свойств различных методов моделирования линейных искажений сигналов и реакций.

Разработаны математические модели и алгоритмы реакций СИК на основе исследуемых методов (метод на основе формулы Дюамеля, ряда Фурье, ДПФ и универсальный метод) для применения при оценке характеристик точности и быстродействия. Обоснован выбор линейных звеньев СИК и входных сигналов для проведения исследований.

На базе проведенного сравнительного анализа методов моделирования сигналов, звеньев и линейных искажений построены математические модели реакций на конкретные выбранные входные воздействия. Получены сравнительные количественные оценки характеристик точности и быстродействия исследуемых методов.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[A-1] Fam, Maria Exploring of Characteristics of Precision And Speed Of Modeling Methods of Infocommunication Signals In Time Domain / M. Fam // Материалы 55-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 22 – 26 апреля 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники.

[A-2] Фам, М.Т. Оценка погрешности восстановления непрерывных сигналов по дискретным данным / М.Т. Фам // Материалы 56-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18 – 20 мая 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники.

Библиотека БГУИР