

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ РАСЧЕТА МОЩНОСТИ ШУМА НА ВЫХОДЕ ФИЛЬТРА НИЖНИХ ЧАСТОТ

Кибзюк С.В., студент гр.281077

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Институт информационных технологий
г. Минск, Республика Беларусь*

Власова Г.А. – канд. техн. наук, доцент

Разработанное программное средство предназначено для автоматизированного расчёта мощности шума на выходе фильтров нижних частот. Основное внимание уделено обеспечению высокой точности вычислений, удобству анализа результатов и созданию единой программной среды для исследования характеристик фильтров различных типов. Программное средство включает модуль ввода и редактирования параметров фильтра, реализацию численных методов интегрирования (метод прямоугольников, метод трапеций и метод Симпсона), а также средства визуализации результатов расчетов. Реализована возможность сравнения фильтров различных типов, определения эквивалентной шумовой полосы и представления результатов расчётов в различных единицах измерения. Разработанное решение возможно применить в учебном процессе, а также при выполнении инженерных расчётов в области цифровой обработки сигналов и радиотехники.

Анализ шумовых характеристик является одной из ключевых задач в радиотехнических и цифровых системах обработки сигналов, которые функционируют в условиях высокой плотности помех и шумов [1]. Шумы существенно ограничивают пропускную способность систем передачи и обработки информации, точность и качество передачи информации.

Фильтры нижних частот применяются в самых разнообразных областях, начиная с радиоприёмников и аудиотехники и заканчивая медицинскими системами регистрации сигналов, где требуется выделить информативные частоты и снизить влияние помех. Также фильтры нижних частот активно используются при обработке изображений, цифровых данных и в системах управления беспилотными устройствами, где точность фильтрации напрямую влияет на качество распознавания и измерений [2].

При проектировании фильтров нижних частот важное значение имеет оценка мощности шума на выходе устройства, поскольку именно она определяет чувствительность, помехоустойчивость и качество функционирования системы в целом. В условиях усложнения радиотехнических систем, роста скорости передачи данных, уменьшения размеров элементной базы и повышения требований к точности расчётов возрастает необходимость применения эффективных методов численного анализа [3]. Расчёт мощности шума связан с интегрированием спектральной плотности мощности по частоте, что в большинстве практических случаев не имеет аналитического решения и требует использования численных методов интегрирования [2]. Несмотря на наличие специализированных программных пакетов для моделирования электронных схем, они ориентированы преимущественно на схемотехнический анализ и не всегда обеспечивают удобный инструмент для быстрого аналитического расчёта эквивалентной шумовой полосы и сравнения характеристик фильтров различных типов. Кроме того, большинство профессиональных пакетов таких как MATLAB, Cadence PSpice, LabVIEW, Keysight ADS требуют высокой квалификации и значительных вычислительных ресурсов.

Актуальность разработки заключается в создании специализированного программного средства, обеспечивающего автоматизированный и точный расчёт мощности шума на выходе фильтров, визуализацию их характеристик и удобное сравнение различных типов фильтров в единой программной среде.

В рамках проекта реализовано кроссплатформенное настольное приложение на C#. Ключевые функциональные модули системы включают:

- модуль ввода и редактирования параметров фильтров нижних частот, включая тип (идеальный, Баттерворта, Чебышева, Бесселя, эллиптический), порядок, частоту среза, диапазон частот анализа и параметры спектральной плотности мощности шума на входе;
- модуль численного интегрирования с реализацией методов прямоугольников, трапеций и Симпсона;
- модуль расчёта мощности шума на выходе фильтра с учётом спектральной плотности мощности шума на входе и параметров фильтрации и определения эквивалентной шумовой полосы;
- модуль построения амплитудно-частотных характеристик с возможностью настройки параметров (порядок, частота среза, пульсации);
- модуль сравнения характеристик фильтров различных типов, в том числе одновременное отображение характеристик нескольких фильтров на одном графике с цветовым кодированием;
- систему визуализации результатов вычислений (создание графиков АЧХ, мощности шума, отношения сигнал/шум, сравнения фильтров с кастомизацией осей, цветов);
- модуль экспорта данных и отчётов в форматы CSV, Excel и PDF.

В качестве основной платформы разработки выбрана экосистема Microsoft.NET с языком программирования C#, что обеспечило высокую производительность, богатство библиотек и

надежность. Для создания современного, визуально насыщенного и отзывчивого пользовательского интерфейса применена технология Windows Presentation Foundation (WPF), использующая аппаратное ускорение графики. Ключевым архитектурным решением стало использование шаблона Model-View-ViewModel (MVVM), который позволил достичь строгого разделения бизнес-логики (Model), пользовательского интерфейса (View) и промежуточной логики представления (ViewModel).

Особое внимание уделено организации работы с данными. Для удобства пользователя реализована возможность сохранения параметров фильтра и результатов расчётов в виде проекта (.ncproj), что позволяет повторно открывать и анализировать ранее выполненные вычисления.

Дополнительно в программном средстве реализованы механизмы настройки параметров отображения и единиц измерения (Вт, дБм, дБВт), выбора диапазона частот, а также способ отображения результатов – в виде таблиц, графиков или экспортируемых файлов. Эти функции обеспечивают адаптацию программного средства к различным инженерным задачам и требованиям.

Интерфейс сравнения различных типов фильтров приведен на рисунке.

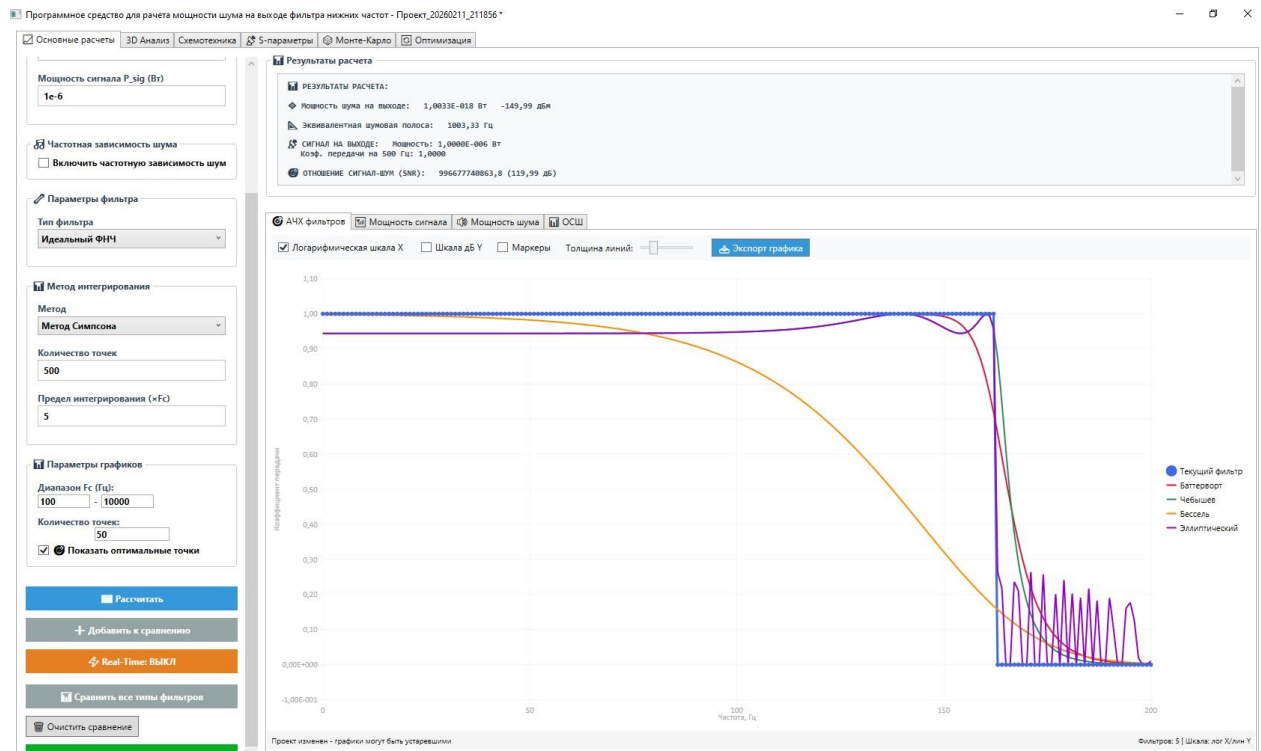


Рисунок – Интерфейс сравнения различных типов фильтров

По завершении разработки проведено комплексное тестирование программного средства. Проверена корректность реализации численных методов интегрирования, точность расчёта мощности шума и эквивалентной шумовой полосы, а также правильность построения амплитудно-частотных характеристик. Оценена устойчивость работы пользовательского интерфейса и корректность экспорта данных. Результаты тестирования подтвердили работоспособность и стабильность разработанного приложения.

В результате выполненной работы создано законченное и готовое к применению программное средство для автоматизированного расчёта мощности шума на выходе фильтров нижних частот. Его отличительной особенностью является интеграция численных методов интегрирования, инструментов визуализации характеристик и средств сравнительного анализа фильтров в рамках единой программной среды.

Разработанное решение обеспечивает повышение точности вычислений, сокращение времени выполнения расчётов и удобство анализа результатов. Программное средство может быть использовано в образовательном процессе при изучении дисциплин цифровой обработки сигналов и радиотехники, а также при выполнении инженерных расчётов и предварительном анализе характеристик фильтров. Применение данного решения способствует формированию единого подхода к анализу шумовых характеристик и повышению качества проектирования радиотехнических систем.

Список использованных источников:

1. Воробьёв, А. И. Цифровая обработка сигналов: теория и применение в радиотехнических системах / А. И. Воробьёв, К. В. Петров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2022. – 448 с.
2. Шустов, А. В. Численные методы интегрирования в задачах цифровой обработки сигналов / А.В. Шустов // Радиотехника XXI века. – 2022. – №4. – С. 53–62.
3. Зенков, А. В. Численные методы: учебное пособие для вузов. / А. В. Зенков. – М.: Юрайт, 2022. – 160 с.