

# Схемотехническое моделирование в Delta Design SimOne

Андрей Смирнов, Алексей Гимейн (компания ЭРЕМЕКС)

В статье рассмотрены возможности схемотехнического моделирования в среде САПР Delta Design, а также практический пример моделирования аналоговой электрической схемы средствами Delta Design SimOne.

## Введение

При проектировании электрических схем необходимо обеспечить соответствие выходных характеристик устройства желаемым целевым значениям. На этапе проектирования инженер-схемотехник создаёт электрическую схему и подбирает значения компонентов схемы на основании своего опыта и уже имеющихся решений. Наличие в инструментарии проектирования средств моделирования позволяет оптимизировать процесс подбора значений компонентов и сократить трудозатраты на достижение требуемых параметров электрической схемы.

Пакет схемотехнического моделирования SimOne разработки компании ЭРЕМЕКС был представлен на рынке в 2012 году и зарекомендовал себя как высокоэффективный инструмент моделирования, многие возможности SimOne (анализ устойчивости схемы, оригинальные технологии параллельных вычислений) до сих пор не имеют аналогов. До 2020 года система SimOne поставлялась в виде отдельного приложения, которое можно было приобрести как отдельный пакет или в составе САПР Delta Design, также разрабатываемой компанией ЭРЕМЕКС. Delta Design – первая отечественная САПР электроники, реализующая сквозной цикл проектирования изделий

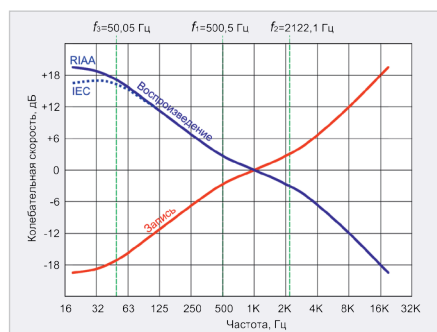


Рис. 1. Кривая RIAA (источник – Википедия)

РЭА, включена в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. С момента выпуска системы схемотехнического моделирования разработчики ЭРЕМЕКС вели работу по интеграции SimOne в единую среду проектирования. Полная интеграция была реализована в версии Delta Design 3.0. Были перенесены методы моделирования, библиотеки, появился ряд новых инструментов. Теперь весь процесс проектирования осуществляется в единой среде, нет необходимости проводить схемотехническое моделирование в отдельном приложении, а затем заново создавать электрическую схему в САПР, чтобы затем проектировать печатную плату.

## Возможности SimOne

Delta Design SimOne обладает широким набором методов схемотехнического моделирования и инструментов, облегчающих анализ электрических схем. К таким инструментам можно отнести следующие.

**Расчёт статического режима схем по постоянному току.** Включает в себя расчёт рабочей точки схемы, определе-

ние передаточных функций по постоянному току.

**Частотный анализ.** Включает в себя расчёт и построение частотных характеристик схемы, в том числе амплитудно-фазовой характеристики.

**Анализ переходных процессов.** Используется оригинальный метод интегрирования дифференциально-алгебраических уравнений. Метод имеет повышенную точность и устойчивость в сравнении с методами, применяемыми в обычном SPICE-моделировании. Вычисления в традиционных для SPICE-моделирования методах – методе Гира, трапеций и Эйлера производятся с помощью кодового матричного процессора, что позволяет значительно сократить время расчёта.

**Анализ установившихся периодических режимов.** Расчёт периодических режимов ведётся с помощью пристрелочного метода Ньютона (Shooting Newton), при этом используется высокоэффективный подход – без явного формирования матрицы чувствительности.

**Температурный анализ.** Аналоговое моделирование поведения схемы при изменении рабочей температуры.

**Параметрический анализ схемы.** Моделирование поведения схемы при изменении параметров сигналов, моделей схемных компонентов.

**Анализ устойчивости схемы.** Для анализа устойчивости схемы в

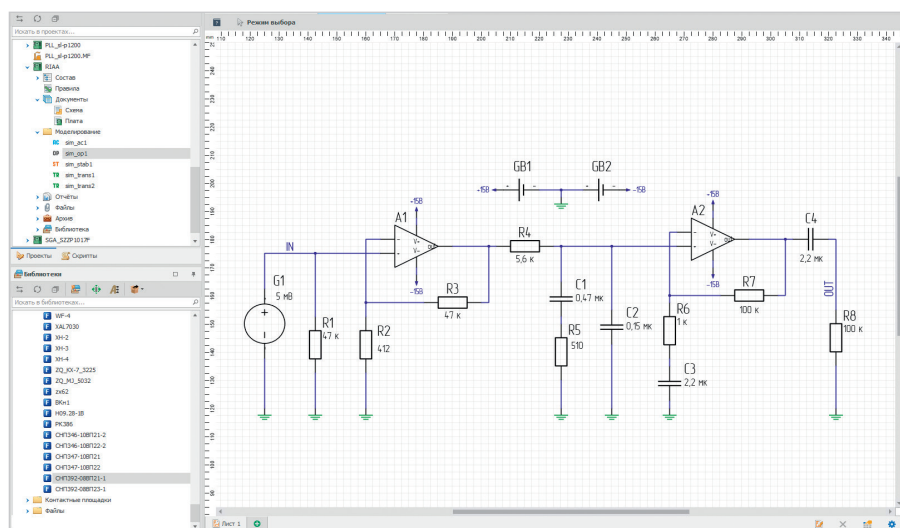


Рис. 2. Электрическая схема усилителя в среде Delta Design

окрестности рабочей точки пользователю предлагаются два независимых способа. Первый – на основе расчёта собственных частот схемы, второй – на основе критерия Михайлова. Результат анализа – вывод об устойчивости схемы, построение годографа Михайлова, вывод таблицы собственных частот схемы. Пользователь также имеет возможность построить график годографа Михайлова в заданном произвольном диапазоне и принять решение об устойчивости схемы самостоятельно.

В дополнение к этому система SimOne обладает инструментами, упрощающими моделирование и анализ схемы – «щуп», «метка измерения», «тюнер». Обеспечена возможность создания фильтров, реализовано задание сигналов через графическую оболочку. Есть возможность выгрузки графиков в формат Excel, Matlab, Maple, Текстовый, WAV, PWL, Touchstone, Freq. Библиотека SimOne содержит свыше 30 тысяч моделей электронных компонентов, включая около 500 моделей отечественных производителей.

### Практический пример схмотехнического моделирования в SimOne

Процесс схмотехнического моделирования рассмотрим на примере усилителя с частотной коррекцией, используемого при воспроизведении аудиозаписей. По результатам моделирования и внесения изменений в параметры электрической схемы получим требуемые частотные характеристики и коэффициент усиления.

В рамках примера средствами Delta Design SimOne решим следующие задачи схмотехнического моделирования – расчёт статического режима, расчёт переходных процессов и построение частотных характеристик. Также проведем анализ устойчивости проектируемой схемы.

В проектируемом усилителе будем использовать частотную коррекцию RIAA (рис. 1), как общепринятый стандарт.

Таким образом, АЧХ проектируемого усилителя должна соответствовать кривой RIAA (синяя кривая на рис. 1).

В данной статье не будем рассматривать подробно разработку схемы электрической. Вместо этого исполь-

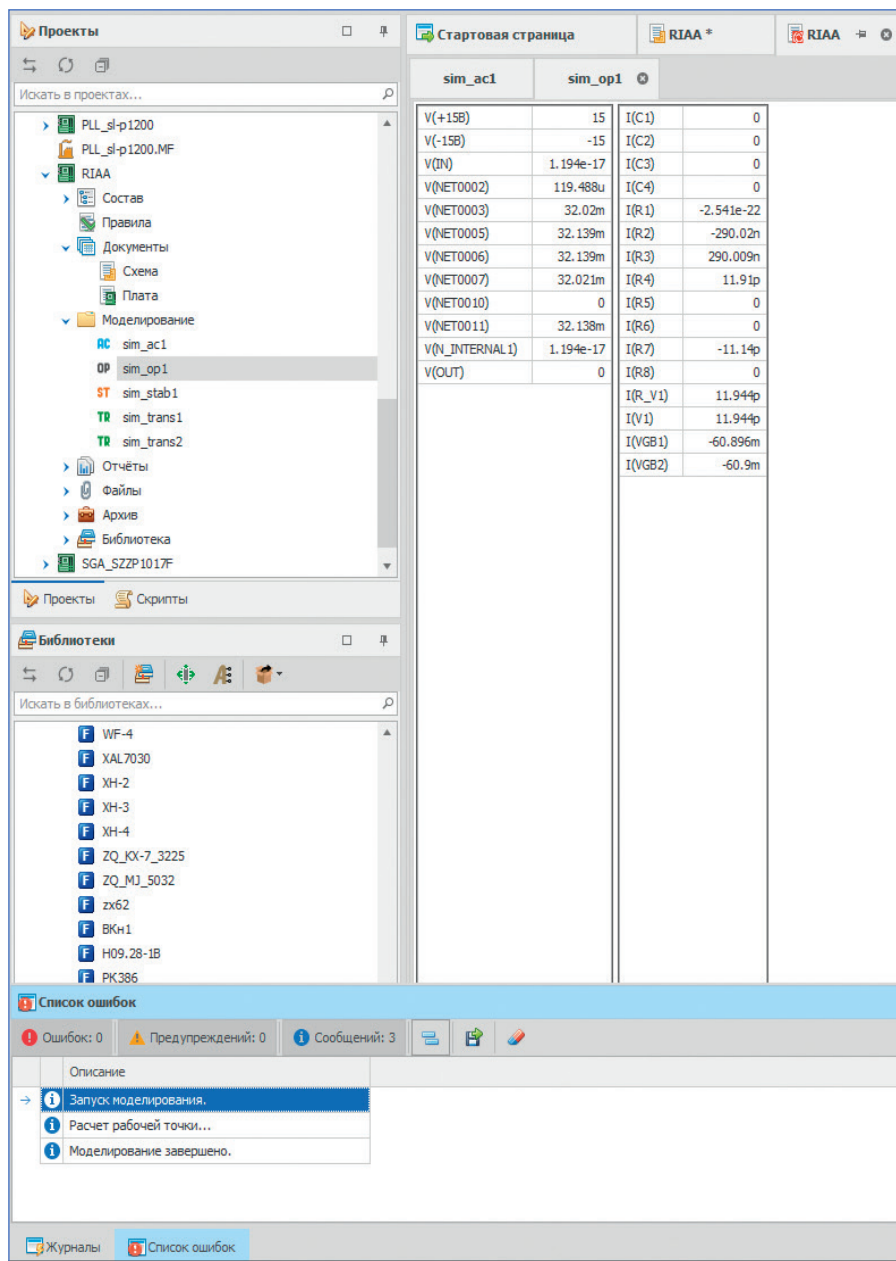


Рис. 3. Результаты анализа «Расчёт рабочей точки»

зуют распространённую схему на двух операционных усилителях с необходимой «обвязкой» (рис. 2). Создадим схему средствами схмотехнического редактора Delta Design.

Проектируемый усилитель предназначен для усиления и коррекции сигнала с магнитных головок, у которых выходное напряжение соответствует 5 мВ, коэффициент усиления на частоте 1 кГц должен быть около 200. Чтобы обеспечить линейную характеристику на выходе, АЧХ усилителя должна компенсировать частотную характеристику звукозаписи (красная кривая на рис. 1).

Выставим параметры источников питания GB1 и GB2, на вход усилителя подадим синусоидальный сигнал с амплитудой 5 мВ и частотой 1000 Гц.

### Расчёт статического режима

Проверим схему на работоспособность. Используем режим SimOne «Расчет рабочей точки». В меню SimOne выберем «Новое моделирование» -> «Рабочая точка». Результат моделирования представлен на рис. 3. Расчёт рабочей точки ошибок не выявил, следовательно, схема работоспособна.

### Анализ переходных процессов

Далее проверим сигнал на выходе – цепь OUT, резистор R8. Используем анализ переходных процессов. Выбираем в меню SimOne – «Новое моделирование» -> «Анализ переходных процессов». Время анализа установим с 0 с до 0,02 с. Результаты анализа представлены на рис. 4. В начале графика мы видим стабилизацию работы схемы, далее – ровная синусоида.



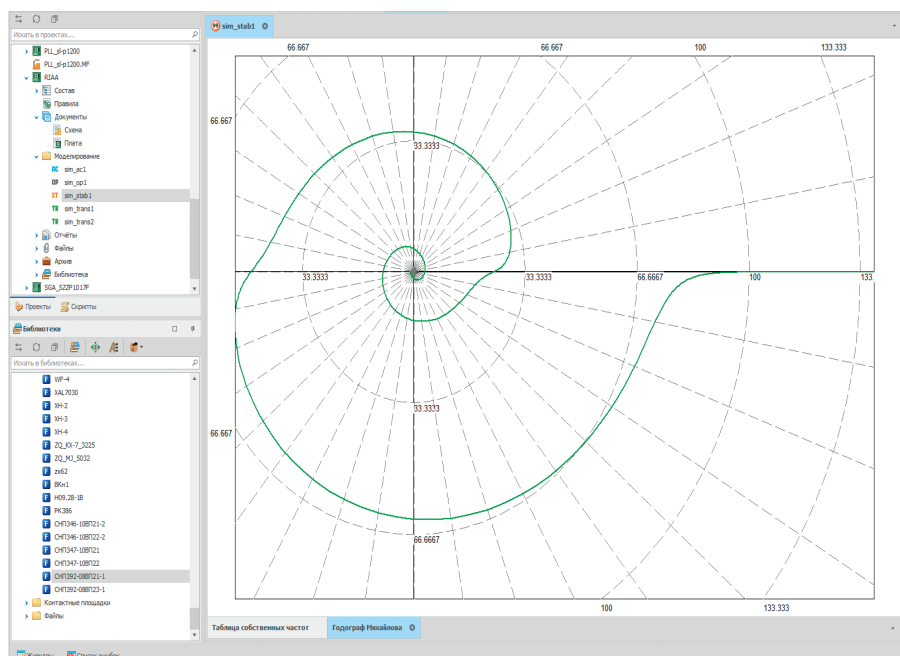


Рис. 10. Проверка устойчивости схемы годографом Михайлова

**Анализ устойчивости**

На финальном шаге проведём анализ устойчивости электрической схемы усилителя. В меню SimOne выберем «Новое моделирование» →

«Анализ устойчивости», в окне параметров отметим «Проверить годографом Михайлова». Результаты анализа отображены на рис. 10. Видим, что на графике отсутствуют обратные заги-

бы, следовательно, схема устойчива. Таким образом, мы получили работоспособную схему, параметры которой и частотная характеристика соответствуют целевым значениям. Теперь инженер может переходить к проектированию печатной платы в среде Delta Design.

**Заключение**

На практическом примере схемы усилителя показано, как средствами Delta Design SimOne провести моделирование и анализ электрической схемы, скорректировать номиналы компонентов схемы и привести частотную характеристику схемы к заданным целевым значениям.

Возможность моделирования и анализа электрической схемы в сквозном цикле проектирования в среде САПР Delta Design обеспечивает снижение общих затрат на проектирование изделия, как трудозатрат, так и затрат на создание прототипов, и, в целом, повышает качество разработки РЭА. ©



МИКРОВОЛНОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

+7 (495) 137-5335 | INWAVE.RU

Сделано в России

● Частота дискретизации  
4 ГГц

●● Разрядность  
12 бит

●●●● Максимальная глубина записи  
2 млрд. отсч.  
по 16 бит (4 ГБ)

●●●● Полоса единичного анализа в режиме анализатора спектра реального времени  
800 МГц

●●●●● Скорость захвата осциллограмм  
15 млн. осц/с

●●●●● Сенсорный мультитач-дисплей  
15.1"

Осциллограф цифровой **MWO-4000**  
с функцией анализатора спектра реального времени

Реклама